

RECOMMANDATIONS POUR OPTIMISER LA GESTION DES DÉCHETS MÉNAGERS SUR LE
TERRITOIRE DE LA CAPITALE DU GABON, LIBREVILLE

Par Carla Nfono Obame

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maîtrise en environnement (M. Env.)

Sous la direction de de Marc Olivier

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

JANVIER 2021

SOMMAIRE

Mots-clés : déchets ménagers, décharge sauvage, décharge à ciel ouvert, gestion des déchets, analyse multicritère, Libreville, Gabon

Cet essai a comme objectif principal d'élaborer des recommandations afin d'optimiser la gestion des déchets ménagers dans la capitale gabonaise, Libreville. Cet objectif a été atteint à l'aide de cinq objectifs spécifiques. Ceux-ci permettent de décrire la gestion des déchets actuelle de Libreville, d'explorer différentes réformes vécues dans d'autres pays en développement, de proposer diverses solutions, d'analyser leur faisabilité selon le contexte de la zone d'étude et de suggérer les meilleures options aux décideurs concernés.

Libreville détient un système de gestion des déchets qui n'est pas en mesure de répondre aux besoins de sa population, car son seul mode de traitement est la décharge à ciel ouvert de Mindoubé. Celle-ci est actuellement saturée et ne répond plus aux normes réglementaires du Gabon. De plus, les déchets se retrouvent pêle-mêle le long des routes et il s'observe un débordement des conteneurs de déchets, car le système de collecte en place n'est pas adéquat. De ce fait, ce phénomène engendre de nombreux impacts environnementaux et sociaux pouvant gravement affecter la qualité de vie des Librevillois. Bien évidemment, des situations semblables se produisent lorsqu'il y a une mauvaise gouvernance par le biais des parties prenantes concernées. À cet effet, une analyse multicritère a été effectuée, afin d'élaborer des recommandations qui correspondent au contexte de la commune de Libreville.

Dans cette optique, quatre recommandations ont été proposées afin d'optimiser la gestion des déchets à Libreville. La première consiste à réglementer l'intégration du secteur informel du recyclage dans la gestion des déchets. La seconde propose de sensibiliser les acteurs concernés sur les impacts environnementaux et sociaux occasionnés par une mauvaise gestion des déchets et susciter leur participation à la protection de l'environnement. La troisième suggère d'instaurer un tri sélectif à Libreville en implantant des points d'apport volontaire et des points de regroupement qui optimisent la collecte des matières recyclables. La dernière recommandation vise à augmenter le taux de valorisation des déchets organiques en développant des projets pilotes de compostage domestique ou communautaire. En somme, si les dirigeants gabonais prennent en compte au moins une de ces recommandations, ils feront un pas en avant vers une gestion durable de leurs déchets.

REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur Marc Olivier avec qui j'ai eu beaucoup de facilités à rédiger cet essai. Il a su prendre le temps de m'écouter, de saisir mes craintes et de me guider tout au long de ma rédaction. Étant une personne très connue dans le domaine de la gestion des matières résiduelles, je suis très contente d'avoir eu l'opportunité de travailler sous son aile. Son inspiration et sa motivation ont été d'une grande aide. Sans s'en rendre compte, c'est à travers ses multiples anecdotes qu'il a pu m'aider à réduire mon stress et apporté une vision différente à la vie.

Je tiens à remercier ma chère mère Célestine qui a sacrifié énormément de choses pour que je puisse réaliser mes études. Malgré les tempêtes, elle a réussi à les traverser par amour pour moi. Ce geste ne se remboursera jamais et je la remercie infiniment pour tout ce qu'elle a accompli dans ma vie.

Un remerciement spécial à mon fils Azaël Moundoussou. Ce cadeau du ciel m'a appris ce qu'est l'amour d'une mère. Malgré les moments difficiles, ton sourire, ta bonne humeur et tes coquineries ont su ensoleiller mes journées. Maman t'aime très fort.

Enfin, je remercie mes frères et sœurs d'ici et de loin, ainsi que mes amies qui m'ont soutenu tout au long de ce chapitre de ma vie.

À vous tous, je vous remercie du fond du cœur.

TABLES DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 PRÉSENTATION DE LA ZONE À L'ÉTUDE	3
1.1 Contextes de la société gabonaise	3
1.1.1. Contexte géographique	3
1.1.2. Contexte démographique	4
1.1.3. Contexte socioéconomique	5
1.2 Historique de la gestion des déchets ménagers à Libreville	5
1.2.1 Urbanisation et planification territoriale de Libreville.....	5
1.2.2 Investissements prestigieux pour le développement de Libreville	8
1.2.3 Centralisme du pouvoir étatique au cœur de la gestion des déchets ménagers de Libreville.....	9
1.3 Gestion actuelle des déchets ménagers à Libreville.....	10
1.3.1 Production des déchets ménagers.....	10
1.3.2 Cadre juridique	11
1.3.3 Parties prenantes	12
1.3.4 Mode de financement de la gestion des déchets.....	13
1.3.5 Système de collecte des déchets ménagers.....	14
1.3.6 Récupération et élimination des déchets ménagers	15
1.4 Impacts d'un mauvais système de gestion des déchets	18
1.4.1 La décharge à ciel ouvert : un bioréacteur dangereux pour l'environnement.....	18
1.4.2 Autres nuisances liées aux décharges à ciel ouvert	22
1.4.3 Milieu urbain : santé des populations et dégradation de l'environnement	23
2 EXEMPLES DE RÉFORMES EN GESTION DES DÉCHETS DANS LES PAYS DU SUD.....	25
2.1 Brésil.....	25
2.1.1 Belo Horizonte	25
2.1.2 São Leopoldo	26
2.2 Viêt Nam : Hô Chi Minh.....	28
2.3 Thaïlande : Chiang Rai.....	29
2.4 Chine	31

2.5	Mexique : Teocelo	32
3	SOLUTIONS POSSIBLES POUR MIEUX GÉRER LES DÉCHETS À LIBREVILLE	35
3.1	Cadre politique	35
3.1.1	Organisation administrative	35
3.1.2	Financement basé sur les résultats	36
3.1.3	Politique nationale de gestion des déchets	38
3.2	Moyen incitatif et dissuasif	39
3.2.1	Information, sensibilisation et éducation	40
3.2.2	Règlementation : bannissement de certains produits	40
3.3	Précollecte des déchets ménagers	41
3.3.1	Point de regroupement	41
3.3.2	Points d'apport volontaire	42
3.4	Collecte des déchets ménagers	43
3.4.1	Déchèterie	43
3.4.2	Centre de transfert	44
3.5	Mécanismes de traitement des déchets	46
3.5.1	Biométhanisation	46
3.5.2	Compostage	50
3.5.3	Recyclage par les récupérateurs informels	55
3.5.4	Centre d'enfouissement technique	59
4	ANALYSE DE L'APPLICABILITÉ DES SOLUTIONS AU CONTEXTE DE LIBREVILLE	62
4.1	Description et justification du choix des critères	62
4.1.1	Dimension environnementale : qualité de l'environnement	62
4.1.2	Dimension environnementale : impact visuel	63
4.1.3	Dimension environnementale : impact du changement	63
4.1.4	Dimension sociale : acceptabilité sociale	63
4.1.5	Dimension sociale : création locale d'emploi	63
4.1.6	Dimension sociale : commodité pour les habitants	63
4.1.7	Dimension économique : couts d'investissement	64

4.1.8	Dimension économique : couts d'exploitation	64
4.1.9	Dimension économique : rentabilité des couts.....	64
4.1.10	Dimension technique : facilité d'implantation	64
4.2	Analyse multicritère	65
4.2.1	Pondération des critères	65
4.2.2	Pointage attribué aux innovations en fonction des critères.....	66
4.2.3	Limite	66
4.3	Explication des notes attribuées	69
4.3.1	Dimension environnementale.....	69
4.3.2	Dimension sociale	70
4.3.3	Dimension économique.....	72
4.3.4	Dimension technique : faisabilité.....	73
4.4	Discussions des résultats.....	73
5	RECOMMANDATIONS.....	76
5.1	Recommandations à l'attention de l'État gabonais	76
5.2	Recommandation à l'attention du ministre chargé de l'environnement	76
5.3	Recommandations à l'attention de la commune de Libreville.....	77
	CONCLUSION	79
	RÉFÉRENCES.....	81

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1.1 Carte administrative du Gabon	4
Figure 1.2 Pourcentage des ménages ayant un service de collecte des déchets.....	8
Figure 1.3 Composition moyenne des déchets ménagers à Libreville en %	11
Figure 1.4 La décharge de Mindoubé	16
Figure 1.5 Processus chimiques, physiques et biologiques se développant dans les décharges	20
Figure 1.6 Flux générés par les précipitations et formation de lixiviats	21
Figure 1.7 Déchets ménagers le long d'une route de Libreville en absence prolongée de levée	23
Figure 1.8 Décharge spontanée créée derrière l'immeuble Beyrouth situé au PK6.....	24
Figure 2.1 a) un sa-wian pour les déchets organiques, b) un jardin cultivé à domicile, c) séparation des matières recyclables.....	31
Figure 3.1 Contributions d'une politique de gestion des déchets sur les trois sphères du développement durable	39
Figure 3.2 Point de regroupement à Punaauia	42
Figure 3.3 Points d'apport volontaire pour les matières recyclables	43
Figure 3.4 Déchèterie de Cannes	44
Figure 3.5 Technologies de base des stations de transfert	45
Figure 3.6 Procédés de compostage dans les pays en développement	50
Figure 3.7 Type de fermentation en andain	51
 Tableau 1.1 Véhicules de collecte de CLEAN AFRICA	15
Tableau 3.1 Solutions pour une meilleure gestion des déchets à Libreville	35
Tableau 3.2 Composition typique du biogaz à partir de déchets	47
Tableau 3.3 Cout d'investissement pour les installations de biogaz dans certains pays africains....	49
Tableau 3.4 Caractéristiques des méthodes artisanales de compostage et lieux d'implantation	52
Tableau 3.5 Analyse économique prospective du compostage à Bouaké	55
Tableau 3.6 Taux de valorisation des déchets dans six villes par le secteur formel et informel	56
Tableau 3.7 Différence d'émissions de GES entre le secteur formel et informel dans six villes	57
Tableau 3.8 Risques sanitaires pour les récupérateurs informels	58
Tableau 3.9 Exemple de calcul du cout global de l'aménagement et la gestion d'un CET	61
Tableau 4.1 Critères de l'analyse multicritère	62
Tableau 4.2 Description de l'échelle de pondération des critères	65
Tableau 4.3 Signification de l'échelle de pointage	66
Tableau 4.4 Analyse multicritère brute.....	67
Tableau 4.5 Analyse multicritère pondérée	68

LISTE DES ACRONYMES

3RV-E	Réduction, réemploi, recyclage, valorisation et élimination
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AGV	Acide gras volatil
ANASUR	Agence nationale de salubrité urbaine
ARTI	Appropriate Rural Technology Institute
CET	Centre d'enfouissement technique
CFA	Communauté financière africaine
CHN	Yuan chinois
CH ₃ COOH	Acide acétique
CH ₄	Méthane
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composé organique volatil
DBO	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCFA	Francs de la Communauté financière africaine
FBR	Financement basé sur les résultats
GES	Gaz à effet de serre
H ₂	Hydrogène
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
IDH	Indice de développement humain
IFDA	International Fund for Agricultural Development
ISÉ	Information, sensibilisation et éducation
ISWA	International Solid Waste Association
LACEEDE	Laboratoire Climat Eau Écosystèmes et Développement
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques
NO _x	Oxyde d'azote
OBC	Organisation communautaire de base
ONG	Organisation non gouvernementale
ONUAA	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
PAP	Porte-à-porte
PAS	Politique d'ajustement structurel
PAV	Point d'apport volontaire
PCB	Polychlorobiphényles

PCDD	Polychlorodibenzo-p-dioxines
PCDF	Polychlorodibenzofuranes
PIB	Produit intérieur brut
PME	Petite et moyenne entreprise
PNDM	Programme National des Déchets Ménagers
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POP	Polluants organiques persistants
SGA	Société Gabonaise d'Assainissement
SO ₂	Dioxyde de soufre
SOVOG	Société de valorisation des déchets ménagers du Gabon
UNPD	United Nations Development Programme
WIEGO	Woman in Informal Employment Globalizing and Organizing
WWF	World Wildlife Fund

INTRODUCTION

Depuis des décennies, plusieurs pays tentent de changer la gestion des déchets sur leur territoire, afin de lutter contre la contamination de l'environnement et d'améliorer la qualité de vie de leurs populations. Malheureusement, ce n'est pas le cas pour tous. À l'heure actuelle, la gestion des déchets de nombreux pays africains est une problématique flagrante. Selon le rapport de la Banque mondiale, l'Afrique subsaharienne a généré 174 millions de tonnes de déchets en 2016 et seulement 7 % de ceux-ci ont été recyclés ou récupérés (Banque mondiale, 2018). Avant l'indépendance, les villes africaines étaient composées de moins de 100 000 habitants. Vers les années 1960, l'urbanisation rapide et le changement de style de vie ont poussé les populations africaines à consommer des produits qui génèrent des déchets dont les systèmes de collecte ne prenaient pas en charge. Malgré cette situation, ces systèmes n'ont pas été modifiés pour s'adapter au nouveau contexte social de ces villes africaines. (Africa 21, 2017)

Au Gabon, particulièrement dans sa capitale, Libreville, les ordures font partie des attraits esthétiques du territoire. Entre 1970 et 2006, la population librevilloise est passée de 150 000 à 600 000 habitants (Mboumba, 2011). Cet exode rural a donné naissance à de nouveaux modes de vie dont le système de gestion des déchets mis en place n'était pas en mesure de maîtriser. Ce phénomène s'explique par une planification inadéquate du territoire et un manque d'infrastructures de ramassage de la part des autorités gouvernementales. Ainsi, la capitale du Gabon s'est retrouvée avec un débordement des conteneurs dédiés aux déchets, une accumulation des ordures sur les chaussées, la présence de dépotoirs sauvages et la saturation de sa décharge à ciel ouvert (Mboumba, 2011). Malheureusement, cette situation a généré de nombreux impacts nocifs sur l'environnement et la santé des Librevillois. À titre d'exemple, actuellement, la décharge de Mindoubé ne répond plus aux normes relatives à la protection de l'environnement et au règlement sanitaire d'hygiène et de salubrité publique. En effet, le lixiviat qui s'écoule de cette décharge contamine les cours d'eau, qui par ricochet ont des répercussions importantes sur la santé des habitants. (Levesques-Kombila, 2017) C'est dans cette optique qu'il a été jugé pertinent de traiter ce sujet d'actualité.

Le présent essai a comme objectif principal d'élaborer des recommandations afin d'optimiser la gestion des déchets ménagers de Libreville. Pour y parvenir, cinq objectifs spécifiques guideront cette réflexion. Le premier objectif spécifique vise à rassembler l'information disponible actuelle sur la gestion des déchets ménagers de la capitale gabonaise. Le second objectif spécifique cherche à démontrer des réformes en gestion des déchets ménagers vécues dans des villes ayant un contexte semblable à celui de Libreville. Le troisième objectif spécifique tente de proposer des solutions pouvant être implantées sur le territoire librevillois. Le quatrième objectif spécifique cherche à

analyser les solutions énoncées à l'aide d'une grille d'évaluation selon une approche de développement durable. Le dernier objectif spécifique a pour but d'élaborer des recommandations aux dirigeants gabonais.

La rédaction de ce travail a été effectuée à l'image des objectifs spécifiques, soit en cinq chapitres. Le premier chapitre introduit le contexte géographique, démographique et socioéconomique du territoire gabonais, trace le portrait de la gestion des déchets de Libreville et présente les impacts environnementaux et sociaux d'un mauvais système de gestion des déchets. Le second chapitre consiste à présenter des innovations adoptées dans différentes villes afin de gérer efficacement leurs déchets organiques et inorganiques. Le troisième chapitre propose des outils de gouvernance et des méthodes de traitement pouvant bénéficier à la gestion des déchets de Libreville. Le quatrième chapitre évalue les sources d'amélioration proposées au chapitre précédent à l'aide d'une analyse multicritère. Finalement, le cinquième chapitre porte sur les recommandations permettant à la capitale gabonaise d'entamer une meilleure gestion des déchets sur son territoire.

Pour réaliser cet essai, une multitude de sources fiables, actuelles et diverses a été consultée. Il s'agit de rapports, d'études, de publications gouvernementales et de revues de journaux. Ces documents ont été accessibles au travers de moteurs de recherches, de bases de données bibliothécaires et d'échanges de messages *WhatsApp* avec des personnes clés au sein du gouvernement à Libreville.

1 PRÉSENTATION DE LA ZONE À L'ÉTUDE

À l'heure actuelle, la gestion des déchets ménagers de plusieurs pays de l'Afrique subsaharienne est une problématique devenue criante. En effet, ils sont sérieusement confrontés aux problèmes associés à l'élimination de leurs déchets dans les décharges à ciel ouvert. En plus de ne pas répondre aux exigences réglementaires, les dépôts de déchets ménagers qui y sont éliminés détériorent gravement les conditions environnementales et sanitaires des habitants. Au Gabon, les déchets font partie de ses attraits esthétiques, et ce, depuis des décennies. Ce phénomène s'explique par une planification inadéquate du territoire, un manque d'infrastructures de collecte de déchets, ainsi que la présence d'un système de gestion archaïque qui ne prend pas en considération les nouvelles conditions sociales du pays. À cet effet, ce chapitre a pour objectif de présenter, brièvement, le contexte géographique, démographique et socioéconomique du territoire gabonais, de tracer le portrait de la gestion des déchets ménagers de la capitale gabonaise et de démontrer les impacts environnementaux et sociaux occasionnés par une mauvaise gestion des déchets.

1.1 Contextes de la société gabonaise

Cette section dresse un portrait général du Gabon en présentant sa position géographique, son contexte démographique, ainsi que son statut socioéconomique.

1.1.1. Contexte géographique

Situé au cœur de l'Afrique centrale, le Gabon partage ses frontières terrestres au nord avec la Guinée équatoriale et le Cameroun, à l'est et au sud avec le Congo et à l'ouest avec l'océan Atlantique, qui longe ses côtes sur 800 kilomètres. Bien que la superficie du Gabon soit seulement de 267 670 km², son territoire est reconnu pour sa richesse écologique. En effet, la forêt gabonaise représente 22 millions d'hectares, ce qui équivaut à 82 % de l'ensemble du pays. (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture [ONUAA], 2005)

Le Gabon est qualifié de « berceau de la biodiversité », car il est propriétaire d'une rareté et d'une diversité d'espèces animales et végétales protégées. D'une part, par l'exploitation forestière et animalière réglementée, mais également par la faible pression démographique et agricole exercée sur son patrimoine forestier. (ONUAA, 2005; Levesque-Kombila, 2017) Outre ses réserves forestières, ce pays est caractérisé par un enchainement de reliefs – plateaux, collines, montagnes – et environ 3000 kilomètres de cours d'eau navigables. Traversé par l'équateur, le climat gabonais est de type équatorial, chaud, humide et sujet à de très fortes précipitations. En effet, sa température varie entre 22 et 32 °C et sa pluviométrie varie entre 1500 à 3000 mm d'eau par an. (Ministère du Développement, de la Performance publique, de la Prospective et de la Statistique, 2009)



Figure 1.1 Carte administrative du Gabon (United Nation, 2004)

1.1.2. Contexte démographique

La population gabonaise actuelle est estimée à plus de 1 800 000 habitants, avec une densité de 6,8 habitants/km² (Programme des Nations Unies pour le Développement [PNUD], s.d.). Essentiellement, les Librevillois âgés de moins de 25 ans représentent 56,4 % des habitants. Par ailleurs, parmi cette population jeune, 48,4 % sont des femmes, avec un indice synthétique de fécondité de 4,2 enfants par femme dans les zones rurales et presque 6 enfants par femme dans les zones urbaines (Green Climate Fund, 2018; PNUD, s.d.).

Du fait de ces taux de fécondité, le rythme de croissance démographique au Gabon atteint 3,1 % (PNUD, s.d.). De plus, à la suite du déplacement des populations rurales vers les zones urbaines, le pays a connu l'un des taux d'urbanisation les plus élevés en Afrique. En effet, 86 % de la population vit en milieu urbain, dont 59 % habitent Libreville, la capitale et Port-Gentil, le principal centre

économique (Green Climate Fund, 2018). En somme, au Gabon, l'espérance de vie à la naissance atteint 63,4 ans, soit 66 ans pour les femmes et 61,2 ans pour les hommes (PNUD, s.d.).

1.1.3. Contexte socioéconomique

Le Gabon est le cinquième producteur de pétrole en Afrique. Cet or noir représente, depuis les cinq dernières années, 80 % des exportations, 45 % du produit intérieur brut (PIB) et 60 % des revenus du pays (Green Climate Fun, 2018). Cependant, depuis 2014, le PIB par habitant a drastiquement baissé. Il est passé de 9650 dollars américains en 2014, à 7952 dollars américains en 2018 (Google, 2014). Cette situation s'explique par la chute des recettes pétrolières, passant de 1344 milliards de francs de la Communauté financière africaine (CFA) en 2013 à 478,9 milliards de francs CFA en 2017. À cet effet, une augmentation de l'endettement intérieur et extérieur dans le pays s'est fait sentir en passant de 32,2 % en 2014 à 59 % du PIB en 2017.

En ce qui concerne le développement humain au Gabon, en 2016, celui-ci occupait le 109^e rang sur 189 pays avec un Indice de développement humain (IDH) de 0,697. Bien qu'il soit au 7^e rang parmi les pays de l'Afrique subsaharienne, la population gabonaise reste pauvre. Environ 30 % des Gabonais sont vulnérables, soit 95 000 foyers. D'une part, ils ont un revenu mensuel inférieur au salaire minimum garanti de 80 000 francs CFA, d'autre part, ils ont un accès limité aux services sociaux et publics de base, comme les services médicaux, l'eau, l'électricité et l'éducation. (PNUD, s.d.)

Bien que son sol soit fertile, le secteur agricole est très peu développé au Gabon. Dépendant des denrées alimentaires qui proviennent de l'extérieur, la sécurité alimentaire et nutritionnelle de celui-ci est une problématique qui persiste. En effet, le Gabon importe près de 280 milliards de francs CFA en nourriture pour alimenter sa population. (Green Climate Fun, 2018)

1.2 Historique de la gestion des déchets ménagers à Libreville

La capitale du Gabon est au cœur des déplacements urbains qui s'opèrent dans le pays. L'urbanisation rapide de Libreville a occasionné une gestion complexe du territoire, entraînant une mauvaise gouvernance de la part de l'État. À cet effet, la présente section mettra en lumière le contexte dans lequel la ville de Libreville a été aménagée, la mauvaise planification urbaine par le régime politique en place et les impacts de cette planification territoriale sur la gestion des déchets.

1.2.1 Urbanisation et planification territoriale de Libreville

Dans les années 1950, bien avant l'indépendance du Gabon, Libreville était considérée comme une ville hybride. En effet, comme la majorité des communes bureaucratiques coloniales d'Afrique noire, une dualité morphologique était en place. D'un côté se trouvait un quartier dit européen, représenté

par des bâtiments gouvernementaux et administratifs, ainsi que des villas situées en colline ou en bordure de mer. (Nguema, 2005) De l'autre côté, des faubourgs africains ayant un caractère villageois par la présence de palmiers à huile, de cocotiers, de bananiers, de manguiers et d'arbres à pain situés dans les plaines, sous un climat suffocant et humide (Nguema, 2005; Moughola Leyoubou, 2020). Cette ségrégation spatiale, entre « ville blanche » et « villages noirs », s'est écroulée à la suite de l'indépendance du Gabon en 1960 (Moughola Leyoubou, 2020).

À partir de cette période, la capitale gabonaise a subi un exode rural rapide et difficile à maîtriser (Mboumba, 2007). En effet, en 1960, Libreville comptait 30 000 habitants, mais au milieu des années 1970 s'y trouvait déjà 150 000 habitants (Mboumba, 2007; Mboumba, 2011). Enrichie par le boom pétrolier et l'ouverture économique, sa population est passée de près de 200 000 à 330 000 habitants, entre 1980 et 1990, pour ainsi atteindre 420 000 habitants lors du recensement de 1993. Poursuivant sa croissance, en 2016 Libreville accueille 991 324 habitants, soit près de la moitié de la population du pays. (Mboumba, 2011; Gerep-environnement, 2014) Bien entendu, cet exode rural va modifier sa mosaïque territoriale et donner naissance à un tissu urbain complexe (Nguema, 2005).

Le développement de Libreville s'est fait à partir d'une expansion incontrôlée de l'espace de trois façons. En premier lieu, il s'agit d'une extension par agglutination où les populations s'installent autour d'un noyau central. (Nguema, 2005) En effet, les zones nouvellement loties vont s'entourer d'habitations non planifiées érigées par les populations venues des zones rurales (Moughola Leyoubou, 2020).

En second lieu, il s'agit d'une extension polynucléaire où le pouvoir public et les citoyens poursuivent et étendent la ségrégation spatiale héritée de l'administration coloniale (Nguema, 2005). En effet, les autorités gouvernementales vont remodeler le centre-ville en détruisant les vieux bâtiments coloniaux pour y construire des immeubles modernes, cherchant à imprégner leur marque dans l'espace urbain (Bigoumou Moundounga, 2011). Tandis que, par manque de lot disponible en ville, les populations venant de l'arrière-pays vont s'étaler en périphérie Est de la capitale gabonaise et transformer des villages en quartiers (Nguema, 2005; Moughola Leyoubou, 2020).

Enfin, la capitale gabonaise va subir une extension par « saute-mouton ». Les migrants contournent les zones où il est interdit de construire pour aller s'installer dans les hautes terres de Libreville. Conséquemment, cette dynamique sociospatiale s'est faite de façon anarchique. Sans planification urbaine pour l'afflux des migrants, ce territoire s'est développé dans des conditions illégales, c'est-à-dire sans titre foncier.

Cette situation a donné naissance à un découpage territorial à trois niveaux. Le premier rang représente la commune, s'ensuivent l'arrondissement et le quartier. La commune est une

circonscription administrative urbaine. Celle-ci peut être divisée en plusieurs arrondissements. Enfin, dans un arrondissement plusieurs quartiers peuvent prendre forme. Aujourd'hui, héritant d'une occupation du sol faite de façon informelle, la commune de Libreville compte six arrondissements et cent-dix-sept quartiers. Ce découpage territorial a engendré de profondes inégalités en ce qui trait à l'accessibilité des services de base. (Nguema, 2005)

Bien avant l'indépendance du Gabon, à Libreville, la lutte contre l'insalubrité se faisait par les autorités coloniales et les ministères français. Ils avaient mis en place un service sanitaire et d'hygiène urbaine, pour eux et par eux, dans le but de desservir les quartiers occupés par les Européens. Avec l'arrivée d'un grand nombre de migrants africains nationaux et internationaux, cette dynamique a engendré un changement dans les modes de consommation au contact des Européens qui vivaient sur place et augmenté la quantité journalière de déchets produite. (Mboumba, 2013) Selon le bureau d'étude allemande Rhin-Ruhr-Ingenieur, en 1960, le nombre de déchets généré à Libreville était de 50 tonnes par jour. Elle est passée de 100 tonnes en 1970 pour atteindre près de 430 tonnes en 2008 (Mboumba, 2011).

Malgré cette augmentation, il est possible d'observer à la figure 1.2 une disparité importante dans l'accessibilité aux services de ramassage. Dans les quartiers centraux, entre 50 % et 100 % des ménages ont un service de collecte des déchets. Tandis que dans les quartiers en périphérie, ce service touche moins de 20 % des ménages. Bien évidemment, ceci s'explique par un accès aux infrastructures routières plus développé dans la « ville blanche » que dans les « villages noirs ». (Mboumba, 2007)

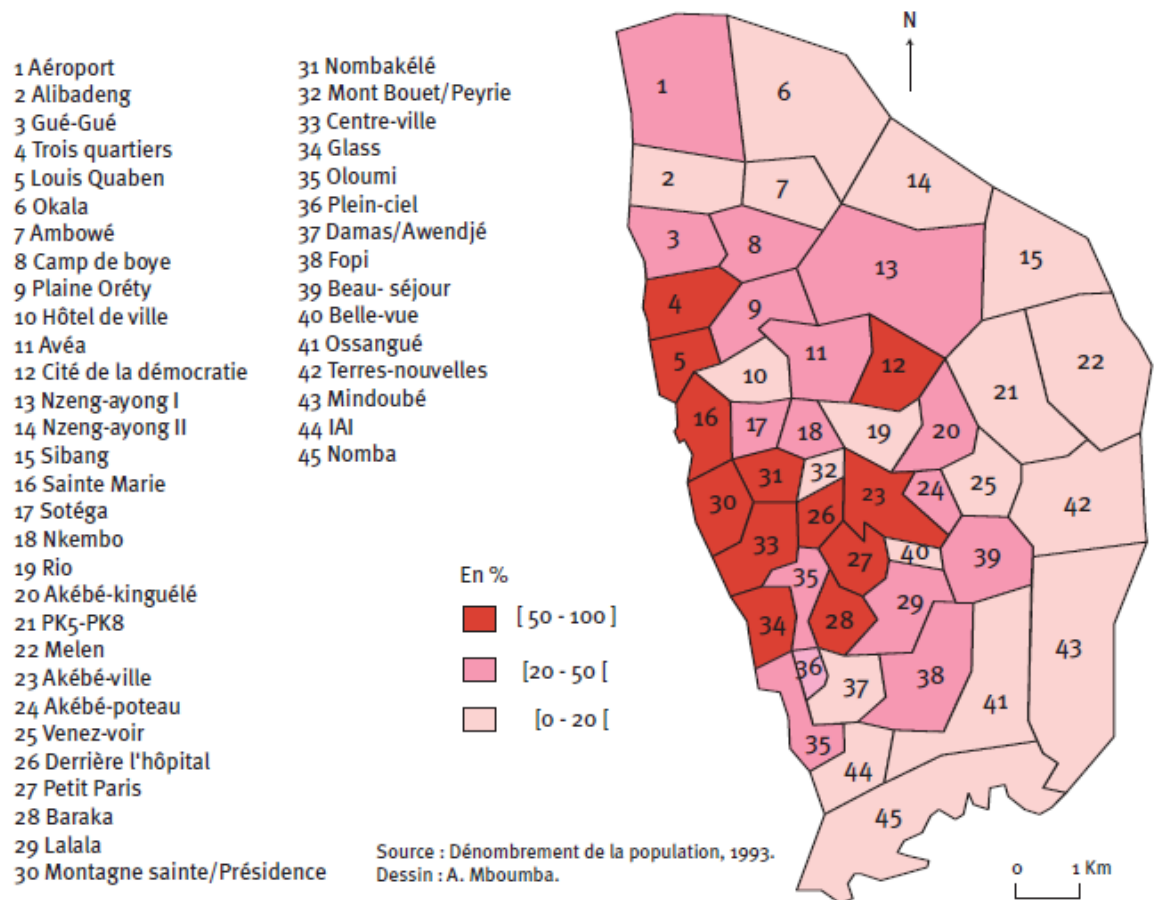


Figure 1.2 Pourcentage des ménages ayant un service de collecte des déchets (Mboumba, 2007)

Afin de résoudre cette problématique, à son arrivée au pouvoir en 1967, Omar Bongo Ondimba a pris une posture volontariste de continuer le travail effectué par les autorités coloniales (Mboumba, 2011). Malheureusement, il va mettre davantage l'accent sur la beauté esthétique de son territoire que la propreté de celui-ci.

1.2.2 Investissements prestigieux pour le développement de Libreville

Au début de son indépendance, les recettes financières du Gabon sont dues à l'exploitation forestière sur le territoire (Mboumba, 2011). À cette époque, cette activité économique représentait entre 50 et 87 % de la valeur totale des exportations du pays (Mboumba, 2013). Par la suite, le développement économique a été auréolé par le boom pétrolier de 1973-1974, qui a fait exploser le prix du baril de pétrole. Le jeune État gabonais souhaite réaménager son territoire et rendre sa capitale de plus en plus propre grâce à ses ressources budgétaires.

Dans un premier temps, le président Bongo va moderniser sa Capitale en mettant l'accent sur son visage architectural. (Mboumba, 2011) En effet, il y aura la construction de nouveaux édifices gouvernementaux et de nombreux logements, le développement de services tertiaires, ainsi que plusieurs travaux d'infrastructure routière. Bien que le désir d'améliorer son image se faisait sentir, il est important de mentionner que les trois quarts des recettes budgétaires de l'État ont été utilisés à cet effet et la question des déchets a été mise de côté. (Mboumba, 2007) En conséquence, les déchets s'accumulaient le long des rues et la décharge sauvage était complètement saturée (Mboumba, 2013). Devant cette situation, les Gabonais manifestent leur mécontentement et les élus locaux réclament plus de pouvoirs. Heureusement, cette frustration coïncide avec la réflexion des bailleurs de fonds internationaux. Celle-ci exige des États africains de transférer la gestion des villes urbaines au secteur privé et aux pouvoirs municipaux, à travers des politiques d'ajustement structurel (Mboumba, 2011).

1.2.3 Centralisme du pouvoir étatique au cœur de la gestion des déchets ménagers de Libreville

Au début des années 1980, le concept de gestion urbaine s'est imposé au cœur des discussions des bailleurs de fonds, voyant que l'administration des villes africaines était inefficace dans la gestion urbaine de leur territoire. En 1985, cette notion fut institutionnalisée par le Programme de gestion urbaine, afin de contribuer à la croissance économique, au développement social et à la réduction de la pauvreté dans les villes africaines. Dans le but d'améliorer les conditions de vie des populations africaines, la réflexion des bailleurs de fonds avait comme objectifs de lutter contre la pauvreté urbaine, de préserver l'environnement, et d'améliorer la productivité urbaine.

Pour répondre à ces objectifs, il était nécessaire de décentraliser le pouvoir de l'État à partir de réformes institutionnelles qui permettaient de renforcer l'administration des villes et de privatiser les services urbains de base. (Mboumba, 2013) Dans ce cadre, en 1996, le gouvernement gabonais a mis en place la *Loi N15/96, relative à la Décentralisation* (Mboumba, 2007). Par ailleurs, son processus d'application n'était pas coulé dans le béton pour les raisons suivantes.

Au lieu de renforcer l'administration des communes, le gouvernement Bongo va garder le contrôle de son territoire en instrumentalisant la gestion des déchets. À titre d'exemple, les élites à la présidence vont attirer les partis opposants et les acteurs urbains – associations, mouvements collectifs spontanés ou organisés et entreprises individuelles privées – dans les mécanismes du pouvoir, de telle sorte qu'ils deviennent leurs obligés et qu'ils ne puissent plus contester le régime en place. (Mboumba, 2011) Effectivement, grâce à leur manne financière, les autorités gouvernementales restent hermétiques à la décentralisation de la gestion des déchets, et ce, même dans le secteur privé (Mboumba, 2013).

En ce qui concerne la privatisation des services urbains de base, à partir des années 2000, l'État va décider de partager son pouvoir, tout en restant le donneur d'ordre. Il va signer un contrat avec la Société de valorisation des déchets ménagers du Gabon (SOVOG), filiale d'un groupe français dont le capital s'élève à 1 milliard de francs CFA (Mboumba, 2011). Essentiellement, le rôle de cette multinationale est de sélectionner les petites et moyennes entreprises (PME) qui seront chargées d'effectuer la collecte des déchets dans les quartiers de Libreville, de les rémunérer et d'assurer la qualité du service rendu. Par ailleurs, c'est l'État qui se charge de payer SOVOG et par ricochet l'entreprise salarie les PME. (Mboumba, 2013) De ce fait, puisque SOVOG travaille pour le compte de l'État, il reste au contrôle de la gestion des déchets (Mboumba, 2011). Cela dit, le gouvernement gabonais n'a pas cessé d'imposer sa domination étatique dans la gestion des déchets de Libreville.

1.3 Gestion actuelle des déchets ménagers à Libreville

La capitale du Gabon est reconnue pour être la ville la plus peuplée du pays. Sachant que cette masse humaine génère énormément de déchets, Libreville doit implanter un système de collecte adéquat pour veiller à sa protection environnementale. La présente section mettra en lumière sa production des déchets ménagers, son cadre juridique, ses parties prenantes, son système de gestion actuel, ainsi que le coût financier attribué à cet effet.

1.3.1 Production des déchets ménagers

D'année en année, la quantité de déchets ménagers de Libreville ne cesse d'augmenter. Cette croissance corrèle avec sa démographie qui hausse continuellement. Selon Gerep-environnement (2014), les déchets ménagers générés par les Librevillois cumulaient 224 768 tonnes/an en 2011. Toutefois, d'après ses projections, ces chiffres risquent de se situer entre 441 588 tonnes/an en 2021 et 906 800 tonnes/an d'ici 2035. Ces résultats représentent une production journalière de déchets qui passerait de 616 tonnes en 2011 pour possiblement atteindre 2484 tonnes en 2035.

La connaissance des tonnages est toutefois incomplète, car certaines données n'intègrent pas toutes les statistiques. Certains déchets ne sont ni collectés, ni comptabilisés pour les raisons suivantes :

- ◇ Les déchets ménagers sont déversés dans les marais, les cours d'eau ou encore derrière les maisons;
- ◇ La majorité des collecteurs de déchets vont décharger les déchets ménagers dans des dépotoirs sauvages sans les quantifier;
- ◇ La population utilise une partie des déchets pour nourrir les animaux d'élevage;
- ◇ Des travailleurs informels collectent certaines matières valorisables.

Composition des déchets ménagers

En 2014, une campagne de tri et de pesée a été réalisée par Gerep-environnement (2014), afin d'effectuer une caractérisation des déchets de Libreville. Des échantillons de 2 m³ de déchets ont été prélevés dans les points de regroupement de deux zones d'habitats différentes. La figure 1.3 présente la composition moyenne des déchets de Libreville à partir des résultats obtenus.

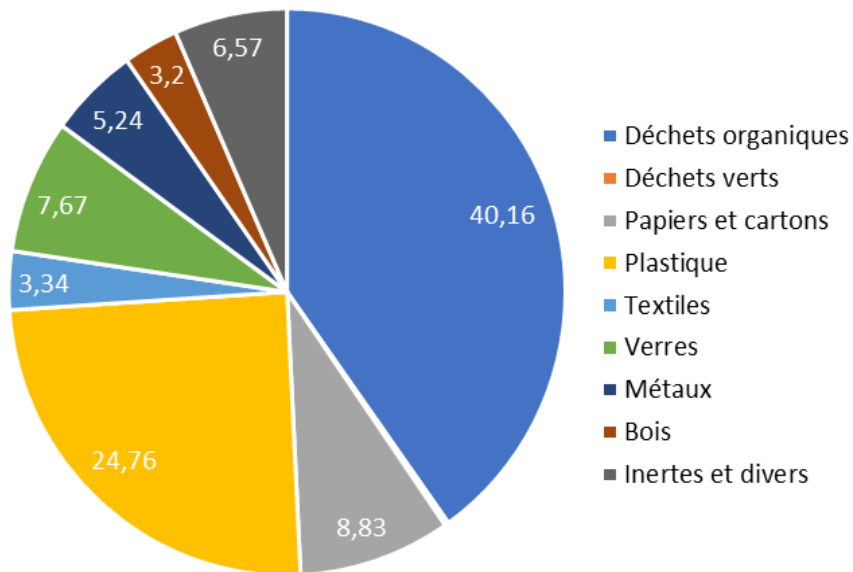


Figure 1.3 Composition moyenne des déchets ménagers à Libreville en % (Gerep-environnement, 2014)

1.3.2 Cadre juridique

En 1993, le Gabon a mis en place un Code de l'Environnement duquel découlent plusieurs textes réglementaires, permettant d'intégrer les fonctions économique, écologique, sociale et culturelle de l'environnement. Dans ce Code, il y a une loi, des décrets et des arrêtés. Afin de prendre en compte de nouveaux enjeux environnementaux, en 2014, la *Loi n° 16/93 du 26 août 1993 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement* a été modifiée et remplacée par la *Loi n° 007/2014 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement*. Bien que cette loi ait été modifiée, il existe encore plusieurs décrets et arrêtés du Code de l'Environnement qui sont en cours de modification pour la refléter.

Cela dit, le Code de l'Environnement regroupe les textes réglementaires suivants :

- ◇ *Loi n° 007/2014 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement;*
- ◇ *Décret n° 539/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005 réglementant les Études d'Impact sur l'Environnement;*

- ◇ *Décret n° 541/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005 réglementant l'élimination des déchets;*
- ◇ *Décret n° 542/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005 réglementant le déversement de certains produits dans les eaux superficielles, souterraines et marines;*
- ◇ *Décret n° 543/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005 réglementant fixant le régime juridique des installations classées;*
- ◇ *Décret n° 545/PR/MEFEPEPN du 15 juillet 2005 réglementant la récupération des huiles usagées;*
- ◇ *Décret n° 39/PR/MEFEPEPN du 10 janvier 1979 relatif à la classification des industries et à la détermination des éléments à considérer dans l'évaluation de la pollution;*
- ◇ *Arrêté n° 198 du 28 juin 1979 portant sur la détermination des valeurs admissibles des éléments à considérer dans l'évaluation de la pollution des eaux résiduaires;*
- ◇ *Arrêté n° 0002 du 14 avril 2006 fixant les modalités de délivrance de l'agrément pour la réalisation des études d'impact sur l'environnement;*
- ◇ *Arrêté n° 0003 du 14 avril 2006 fixant les modalités de contrôle des installations classées;*
- ◇ Manuel de procédure générale des études d'impact sur l'environnement;
- ◇ Guide pour l'élaboration d'un dossier de demande d'autorisation.

1.3.3 Parties prenantes

Cette sous-section présente les différentes parties prenantes et leurs pouvoirs d'influence dans la gestion des déchets à Libreville.

État gabonais

L'État gabonais est constitué du président de la République, qui est le chef de l'État, et du premier ministre, qui est le chef du gouvernement. La loi est votée par l'Assemblée nationale et elle est promulguée par le président de la République. Les décrets sont signés par le premier ministre et les arrêtés par les ministres.

Ministère chargé de l'environnement

Le Ministère de la Forêt, de l'Environnement et de la Protection des Ressources naturelles est chargé de l'environnement et de la protection de la nature. Il est un acteur étatique incontournable dans la gestion des déchets ménagers, car selon l'article 3 de la *Loi n° 007/2014 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement*, il doit rentrer en collaboration avec les autres départements ministériels concernés, afin d'assurer la protection et l'amélioration du cadre de vie urbain et rural du pays. (Gerep-environnement, 2014)

Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique, de l'Immigration et de la Décentralisation

Le Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique, de l'Immigration et de la Décentralisation intervient dans la gestion des déchets à travers la Direction Générale de l'Assistance aux Municipalités. Ses tâches sont d'assister ce ministère dans l'élaboration de la politique gouvernementale en matière de gestion urbaine et de développement des communes et d'aider les municipalités durant des interventions urbaines ponctuelles dans le secteur des déchets. (Gerep-environnement, 2014)

Ministère de la Santé Publique

Le Ministère de la Santé Publique (MSP) doit s'assurer que les habitants ont une bonne santé physique, mentale et sociale. À cet effet, en ce qui concerne la gestion des déchets, ses tâches sont de définir les règles en matière d'hygiène publique et d'assainissement. (Gerep-environnement, 2014)

Collectivités locales

Selon la *Loi n° 15/96 du 6 juin 1996 relative à la décentralisation*, une collectivité locale est une personne morale de droit public distincte de l'État, dotée de la personnalité juridique et de l'autonomie financière. La loi présente trois catégories de collectivités locales :

- ◇ Le département : collectivité locale située dans une circonscription administrative de même nom. Le département est dirigé par un président du conseil départemental.
- ◇ La commune urbaine : collectivité locale située à l'intérieur d'un département, pouvant être divisée en plusieurs arrondissements. La commune urbaine est dirigée par le maire de la commune.
- ◇ La commune rurale : collectivité locale qui comprend plusieurs villages et a une population minimale de 100 habitants. La commune rurale est généralement dirigée par un chef du village.

Le rôle d'une collectivité dans la gestion des déchets est central, car les communes tentent de lutter contre l'insalubrité et les nuisances en mettant en place un service de collecte, de ramassage, de transport et de traitement des déchets ménagers. (Gerep-environnement, 2014)

1.3.4 Mode de financement de la gestion des déchets

La collecte des déchets à Libreville est effectuée par la société CLEAN AFRICA, anciennement appelée SOVOG. Celle-ci a signé deux contrats avec la mairie de Libreville : un contrat pour la collecte et le traitement des déchets ménagers, et un contrat pour la gestion de la décharge publique de Mindoubé.

Contrat pour la collecte et le traitement des déchets ménagers

Signé en 2002, ce contrat a pour objectif d'assurer la réalisation, la gestion et l'exploitation du programme de collecte, de traitement et de valorisation des déchets ménagers de la commune de Libreville. Pendant une durée de 30 ans, en plus de collecter les déchets de la commune de Libreville, CLEAN AFRICA doit s'assurer du nettoyage et de la propreté autour des bacs de collecte, de la place publique et des embouchures des rivières. En ce qui a trait au traitement des déchets, l'entreprise doit s'occuper de la construction et l'exploitation d'une unité de traitement, de valorisation et de recyclage des déchets ménagers. Pour y parvenir, l'État gabonais finance l'entreprise pour environ 4 milliards de francs CFA par an. (Gerep-environnement, 2014)

Contrat pour la gestion de la décharge publique de Mindoubé

Signé en 2004, ce contrat a pour objectif de gérer les déchets qui sont déversés à la décharge publique de Mindoubé. Chaque année, le Gabon verse près de 1,6 milliard de francs CFA à CLEAN AFRICA pour effectuer répondre à l'objectif du contrat. Par ailleurs, elle est dans l'obligation de mettre à disposition tous les équipements nécessaires au fonctionnement de la décharge. (Gerep-environnement, 2014)

1.3.5 Système de collecte des déchets ménagers

Le système de collecte des déchets ménagers à Libreville comprend trois types de collecte. Il s'agit de la précollecte dans les quartiers sous-intégrés, du point d'apport volontaire (PAV) et du porte-à-porte (PAP). Les opérations sont effectuées par CLEAN AFRICA et quelques petites entreprises privées grâce à plusieurs véhicules de collecte. (Gerep-environnement, 2014)

Précollecte dans les quartiers sous-intégrés

Depuis 2004, le système de précollecte implanté dans la capitale gabonaise a été développé par le PNUD, via le projet pilote Gestion urbaine partagée. L'un de ses objectifs était de réaliser un système participatif de précollecte des déchets à travers trois quartiers sous-intégrés de Libreville. Pour répondre à cet objectif, d'une part, plusieurs organisations de précollecte ont été créées en tant que microentreprises. D'autre part, le PNUD a fourni tout le matériel nécessaire – charrettes, brouettes, pelles, bottes, gants, combinaisons de travail – et un fonds de roulement de 3 millions de francs CFA pour que le projet soit correctement mis en place. Pour ce faire, les organisations de précollecte avaient la tâche de fournir des sacs poubelles aux ménages, afin que ceux-ci les déposent aux endroits et aux horaires permis. Par la suite, les précollecteurs se chargeaient de récupérer les sacs poubelles pour les jeter dans les PAV. (Gerep-environnement, 2014)

Point d'apport volontaire (PAV)

Le point d'apport volontaire (PAV) est un mode d'organisation de collecte de déchets où la commune de Libreville met à disposition un réseau de contenants, répartis sur le territoire, afin que les ménages puissent volontairement jeter leurs déchets ménagers. Pour ce faire, la commune a été divisée en 12 circuits de collecte et des bacs d'une capacité de 660 à 770 litres ont été mis à disposition (tableau 1.1). Afin de faciliter la collecte, les Librevillois sont invités à déposer leurs déchets dans ces contenants entre 18 et 21 heures, pour que la collecte se fasse à partir de 21 heures chaque jour de la semaine. Ce système a été mis en place pour atteindre les quartiers dont les infrastructures routières empêchent les véhicules de collecte d'y accéder. (Gerep-environnement, 2014)

Porte-à-porte (PAP)

Depuis, 2011, le porte-à-porte (PAP) s'effectue dans des quartiers où la route est facile d'accès afin d'atteindre chaque ménage, grâce à un bac individuel de 240 litres. Pour les populations qui résident dans ces quartiers, ils doivent une fois tous les deux jours sortir leurs déchets et les disposer devant leurs domiciles entre 18 et 21 heures, pour que la collecte se fasse entre 22 heures et 7 heures du matin. Contrairement au système du PAV, cette collecte n'a que 4 circuits de collecte (tableau 1.2). (Gerep-environnement, 2014)

1.3.6 Récupération et élimination des déchets ménagers

La récupération des déchets à Libreville est effectuée à partir de plusieurs types de véhicules. Lorsque les déchets sont récupérés, ceux-ci sont transportés et éliminés à la décharge de Mindoubé.

Véhicules de collecte

Le tableau ci-dessous présente les types de véhicules utilisés par CLEAN AFRICA lors de la collecte des déchets dans les quartiers de Libreville.

Tableau 1.1 Véhicules de collecte de CLEAN AFRICA (tiré de : Gerep-environnement, 2014)

Types de véhicule	Quantité
Benne tasseuse de 19 m ³	14
Benne tasseuse de 21 m ³	6
Ampli roll avec Benne de 15 m ³	2
Compacteur monobloc	1
Camions Plateaux (Canadair) de 3 m ³	12
Camions-bennes de 25 m ³ /location	2
Camions-bennes 6 m ³ /location	2
Trax	1
Tractopelle et chargeuse de location	1

Mise en décharge

L'enfouissement des déchets est la seule méthode d'élimination à Libreville. Communément appelée décharge à ciel ouvert ou décharge sauvage, celle-ci est définie comme un moyen de réinsérer dans le milieu naturel des déchets qui ne peuvent être recyclés, réemployés et valorisés (Ngnikam et Tanawa, 2006). Cependant, depuis 1996, la décharge de Mindoubé reçoit tous les types de déchets possibles (figure 1.3). Elle occupe une surface d'environ 3 hectares et forme des empilements pouvant atteindre 20 mètres de haut. (Gerep-environnement, 2014) En arrivant à la décharge, les camions passent le pont de bascule, afin de peser la quantité de déchets transportés. Par la suite, les employés de la décharge effectuent un tri et mettent de côté les éléments réutilisables en vue de les revendre. (Mvele-n'dango'o, 2007)



Figure 1.4 La décharge de Mindoubé (Kassa, 2020)

En ce qui concerne son fonctionnement, dans le contrat signé par CLEAN AFRICAN, l'entreprise doit effectuer un étalage, un nivellement des déchets au bulldozer sur 2 mètres de hauteur et un compactage à l'aide d'un pied-de-mouton. Elle doit également recouvrir les déchets par une couche de 20 cm de latérite, de remblai, de sable ou de boue dirigée. À contrario, après une visite de terrain, Gerep-environnement (2014) a constaté que le compactage se fait à l'aide d'un bulldozer et non d'un pied-de-mouton et qu'il n'y a aucun recouvrement sanitaire qui se fait, car il n'y avait pas latérite ou autre matériau de recouvrement.

Déclaré saturée depuis plusieurs années, la décharge de Mindoubé ne répond plus aux exigences fixées par la *loi n° 007/2014 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement* et l'*arrêté municipal n° 001/2000 du 1^{er} février 2000 portant sur le Règlement Sanitaire, d'Hygiène et de Salubrité Publique dans la Commune de Libreville*. (Gerep-environnement, 2014)

Récupération par les récupérateurs informels

À Libreville, les récupérateurs informels collectent les déchets valorisables dans la décharge de Mindoubé. Une enquête effectuée par Gerep-environnement (2014) a démontré que ces individus font ce métier, car ils n'ont pas d'autre source de revenus. Les femmes récupèrent les bouteilles et les sacs de plastique, le verre, le papier et le carton. Tandis que les hommes vont s'attarder aux métaux lourds. Lorsqu'ils ont terminé de collecter les déchets, des récupérateurs intermédiaires dotés de camions et de dépôts vont acheter les déchets collectés par les récupérateurs informels et les vendre aux usines de transformation se trouvant à l'étranger.

Le prix fixé aux récupérateurs informels dépend de la quantité de déchets collectés et du prix courant déclaré (tableau 1.2). Cette quantité détermine le revenu mensuel autant pour les femmes que pour les hommes (tableau 1.3). À la décharge de Mindoubé, les récupérateurs informels sont en mesure de collecter en moyenne de 2 à 2,5 tonnes de déchets par jour, ce qui représente 0,5 % des déchets déversés quotidiennement.

Tableau 1.2 Prix des différentes matières collectées par les chiffonniers (tiré de : Gerep-environnement, 2014)

Déchets	Prix
Sac plastique (riz, farine)	100 FCFA/unité
Bouteille en plastique	100 FCFA/10
Bouteille en verre	2500 FCFA/casier de 12
Câble d'électricité	1500 à 2000 FCFA/kg
Batterie	2000 FCFA/unité
Plomb	150 FCFA/kg
Ferraille	25 FCFA/kg
Inox	300 FCFA/kg
Aluminium lourd	500 FCFA/kg
Aluminium léger	300 FCFA/kg
Cuivre	2000 FCFA/kg
Laiton	800 FCFA/kg

Tableau 1.3 Revenu mensuel approximatif des chiffonniers selon le sexe (tiré de : Gerep-environnement, 2014)

Déchets	Unité	Quantité /jour	Quantité /mois	Prix (FCFA)	Revenu mensuel (FCFA)
Femmes					
Bouteilles en plastique	Chaque	25	750	100	7 500
Bouteilles en verre	Chaque	10	300	200	60 000
Papiers blancs	Sacs de 50 L		2	15 000	30 000
Papier imprimé	Sacs de 50 L		1	15 000	15 000
Papier imprimé format publicitaire	Sacs en plastique de 50 kg		1	15 000	15 000
Sac en plastique de riz ou farine	Chaque	10	300	100	30 000
Total					157 500
Hommes					
Fer	kg	20	600	25	15 000
Aluminium	kg	3	90	400	36 000
Cuivre	kg	2	60	2 000	120 000
Plomb	kg	2	60	150	9 000
Laiton	kg	1	30	800	24 000
Total					204 000

1.4 Impacts d'un mauvais système de gestion des déchets

La gestion des déchets à Libreville n'est pas satisfaisante. Cette situation représente un danger pour l'environnement, mais aussi pour la santé des populations qui vivent sur ce territoire. La présente section met en lumière les impacts environnementaux et sociaux des décharges à ciel ouvert, comme celle de Mindoubé, mais aussi les impacts des déchets ménagers présents dans des villes urbaines semblables à celle de la capitale du Gabon.

1.4.1 La décharge à ciel ouvert : un bioréacteur dangereux pour l'environnement

Par définition, la décharge est une installation de stockage qui cumule des décombres, immondices et divers déchets compactés. Elle est recouverte quotidiennement de matériaux inertes de recouvrement, dans le but de maîtriser ses impacts sur l'homme et l'environnement. (Ngnikam et Tanawa, 2006; Quintus, 2007) Selon Ngnikam et Tanawa (2006), il existe trois classes de décharge :

- ◇ Classe I : site imperméable permettant d'accueillir les déchets industriels spéciaux.
- ◇ Classe II : site semi-imperméable destiné à recevoir les déchets urbains. Ce type de décharge accepte la migration à faible débit du lixiviat, car la concentration des éléments polluants contenus dans le lixiviat aura diminué avant d'atteindre la nappe phréatique.

- ◇ Classe III : site perméable permettant de stocker les matériaux inertes, comme le gravats, les déchets issus des activités extractives et le déblai de chantiers des travaux publics.

Dans la plupart des pays en développement, les villes vont opter pour la décharge de classe II. Celle-ci peut être contrôlée ou sauvage. D'une part, une décharge contrôlée est un lieu qui a reçu une autorisation administrative après une étude d'impact sur l'environnement. Pour être implantée, elle doit posséder un revêtement au fond de la fosse, afin d'empêcher le lixiviat de s'infiltrer et de contaminer la nappe phréatique. À contrario, une décharge sauvage est un lieu mis en place sans autorisation administrative. Celle-ci n'a aucun système de collecte et de traitement de lixiviats. (Ngnikam et Tanawa, 2006; Oyikoba, 2014) À Libreville, bien que la décharge de Mindoubé soit autorisée par le gouvernement gabonais, dans les faits, elle doit être catégorisée comme une décharge sauvage. Les autorités étatiques ont mis en place des systèmes d'élimination et de gestion de déchets qui ne sont pas efficace.

Caractérisée par des déchets de nature diverse, une décharge sauvage représente une source de nourriture de choix pour la vermine. Les déchets qui s'y trouvent sont influencés par les habitudes et le niveau de vie des habitants, ainsi que les paramètres naturels, comme la pluviométrie et la température. Ces caractéristiques vont permettre aux microorganismes de transformer la matière organique et provoquer des processus chimiques, physiques et biologiques qui génèrent des flux de liquides et de gaz (figure 1.4).

D'une part, la présence d'oxygène dans une décharge sauvage occasionne une biodégradation aérobie de la matière organique et participe au développement des microorganismes thermophiles. Ceux-ci vont influencer les produits organiques et minéraux qui percolent à travers les déchets, pour ainsi générer des liquides communément appelés lixiviats. (Thornart et al., 2005; Quintus 2007). D'autre part, le mélange pêle-mêle des déchets ménagers va donner naissance à une biodégradation anaérobie de la matière organique et générer du biogaz (Quintus, 2007). En effet, ceci s'explique par le manque d'apport en oxygène dû aux recouvrements successifs. Ce processus de biodégradation s'effectue à travers quatre étapes consécutives, soit l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse (Olivier, 2016).

Durant l'hydrolyse, les microorganismes vont produire des enzymes qui brisent des macromolécules comme les hydrates de carbone, les protéines et les matières grasses, libérant des micromolécules. Ensuite, lors de l'acidogénèse, les micromolécules sont transformées en alcools et molécules acides appelés acides gras volatils (AGV). Pendant l'acétogénèse, ces AGV produisent de l'acide acétique, de l'hydrogène et du dioxyde de carbone (CO₂). À la dernière étape, la méthanogénèse conduite par les bactéries méthanogènes libère du méthane (CH₄), communément appelé biogaz. (Olivier, 2016;

Thonart et al., 2005) Bien que la production de lixiviat et de biogaz soit le résultat d'un processus naturel, dans une décharge sauvage ça représente des nuisances qui créent des problèmes environnementaux.

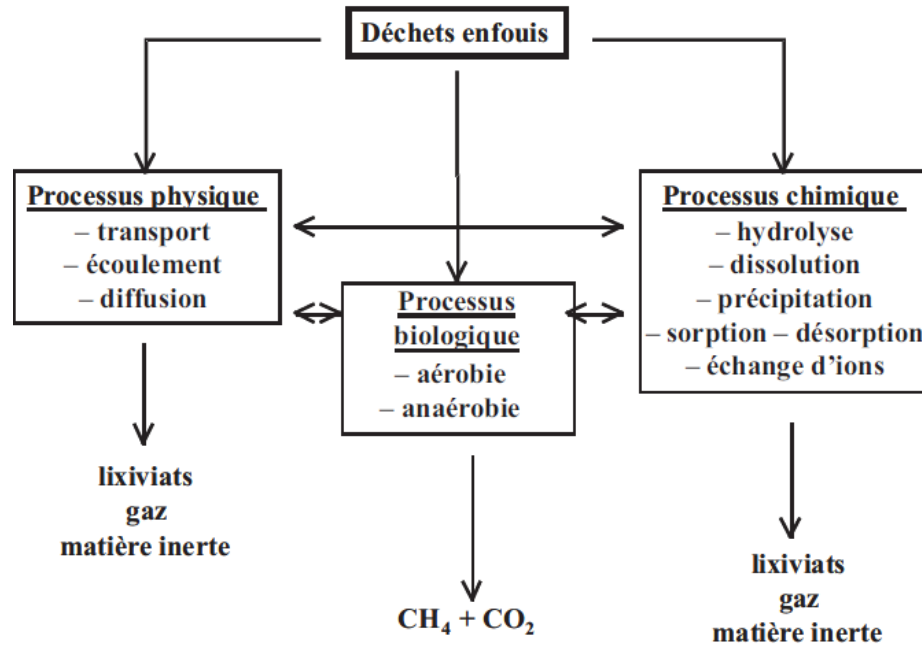


Figure 1.5 Processus chimiques, physiques et biologiques se développant dans les décharges (Thonart et al., 2005)

Le lixiviat généré dans une décharge à ciel ouvert peut contenir de fortes concentrations de substances minérales et organiques - carbone organique, ammoniac, chlorure, métaux lourds, fluorure, demande biologique en oxygène (DBO) et demande chimique en oxygène (DCO) – car elle n'est pas étanche et n'a aucune infrastructure de captation et de traitement de lixiviat. En effet, lorsqu'il y a des événements de précipitation, l'eau s'infiltre dans les déchets solides en décomposition, migre vers le bas et transporte à son passage des composantes biologiques et chimiques des déchets (figure 1.5). De cette manière, les matières dissoutes et en suspension contenues dans le lixiviat, dépendamment du stade de dégradation et du type de déchets dans la décharge, contaminent les eaux de surface et les eaux souterraines en traversant le sol sous-jacent. (International Solid Waste Association [ISWA], 2015)

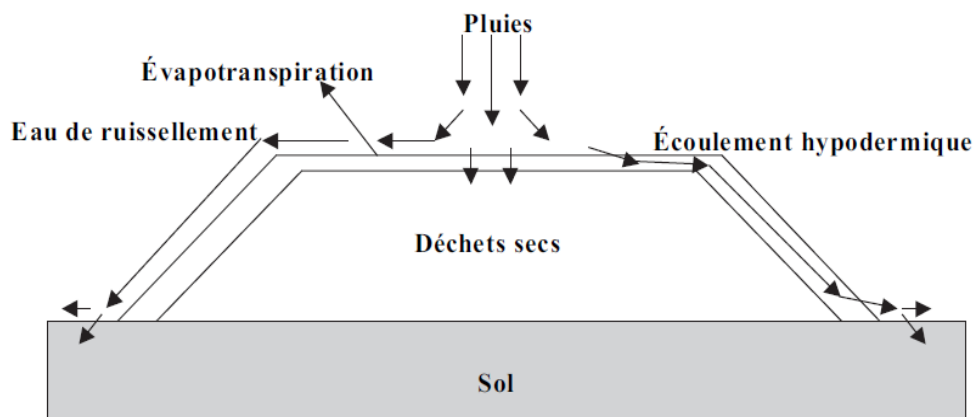


Figure 1.6 Flux générés par les précipitations et formation de lixiviats (Thonart et al, 2005)

Dues à la mauvaise gestion du lixiviat, les eaux polluées de surface vont s'écouler vers les rivières et les océans. Ce phénomène va engendrer une contamination marine. Selon Ferronato et Torretta (2019), le lixiviat qui provient d'une décharge à ciel ouvert participe aux causes premières de pollution des océans. En ruisselant, il entraîne des déchets plastiques qui se fragmentent en microplastiques, par des processus photochimiques, mécaniques et biologiques. Lorsqu'ils sont dans les eaux marines, les microplastiques sont ingérés de façon directe ou indirecte par un large éventail d'espèces aquatiques. Sachant que certaines d'entre elles sont consommées par les êtres humains, la santé de ceux-ci peut être affectée.

D'autre part, la contamination de la nappe phréatique par le lixiviat a pour conséquence la pollution des réserves d'eau potable, la privatisation de l'eau auprès des populations et la provocation d'épidémies à la suite de sa consommation (Thonart et al, 2005). En effet, la décharge de Mathkal, qui se situe dans la ville de Calcutta en Inde, a un impact considérable sur la qualité de l'eau à l'intérieur et autour du site d'enfouissement. Le lixiviat qui s'y déverse est composé de plusieurs métaux lourds qui contaminent les eaux souterraines et affectent la qualité de vie et les conditions environnementales des populations du territoire. (Ferronato et Torretta, 2019) Pareillement, dans la décharge de Mindoubé, les écoulements de lixiviat se font en permanence et traversent le sous-sol. Ils atteignent la nappe phréatique qui ruisselle et rejoint le cours d'eau le plus proche. Par la suite, ce cours d'eau se déverse dans la rivière Lowé, qui débouche sur la mer, en transportant toute cette pollution. (Gerep-environnement, 2014)

En ce qui concerne les biogaz qui proviennent des décharges à ciel ouvert, ceux-ci sont principalement composés de CH_4 , de CO_2 et de vapeurs malodorantes (Quintus, 2007). Contrairement au lixiviat, au fur et à mesure que ces gaz se forment, ils génèrent une forte pression dans la masse enfouie qui force un chemin dans le sol de façon latérale avant d'atteindre la surface (ISWA, 2015). Par ailleurs, la présence accrue de CH_4 et CO_2 dans l'atmosphère est nocive pour les

êtres humains et l'environnement. D'un côté, une étude effectuée en 2009 a démontré qu'une décharge à ciel ouvert rejette environ 1000 kg CO₂ eq. t⁻¹, tandis qu'une décharge conventionnelle rejette 300 kg CO₂ eq. t⁻¹ (Ferronato et Torretta, 2019).

De l'autre côté, des études expérimentales montrent que la biodégradation anaérobie des déchets organiques génère près de 200 Nm³ de CH₄ par tonne sèche de biomasses (Ferronato et Torretta, 2019). Comparé au CO₂, le CH₄ est 21 fois plus puissant en potentiel de réchauffement planétaire, ce qui en fait un puissant gaz à effet de serre (GES) (Olivier, 2020). À titre d'exemple, en Inde, la majorité des déchets solides se retrouvent dans des décharges à ciel ouvert qui génèrent énormément de GES. À l'échelle nationale du pays, entre 1980 et 1999, la quantité d'émission de CH₄ est passée de 263 020 tonnes à 502 460 tonnes (Ferronato et Torretta, 2019).

1.4.2 Autres nuisances liées aux décharges à ciel ouvert

Dans le but de réduire la quantité de déchet d'une décharge sauvage, l'une des pratiques courantes est de brûler les déchets. Pourtant, la combustion à ciel ouvert des déchets ménagers génère des particules à l'atmosphère et amplifie la contamination du sol. D'une part, ces fumées toxiques augmentent la concentration de polluants atmosphériques comme les oxydes d'azote (NO_x), les oxydes de soufre (SO_x), les métaux lourds volatils – mercure, plomb et cadmium -, ainsi que les dioxines, les furanes et les particules PM₁₀ et PM_{2,5} (Olivier, 2020; ISWA, 2015).

D'autre part, la présence de polluants organiques persistants (POP) tels les polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD), de polychlorodibenzofuranes (PCDF) et de polychlorobiphényles (PCB) hausse le taux de contaminant dans le sol (Ferronato et Torretta, 2019). Les POP ont des retombées tenaces sur le sol et traversent facilement les chaînes alimentaires par leur caractère lipophile extrême. Ainsi, la bioaccumulation et la bioamplification peuvent entraîner le stockage de ces matériaux toxiques dans les tissus gras de l'être humain. (Olivier, 2020)

Aussi, la littérature démontre que les métaux lourds ont un impact nocif sur la qualité et la fertilité des plantes. Ces retombées affectent durablement les caractéristiques physicochimiques du sol, menant à la perte de la végétation et à la perturbation de leur cycle naturel. Grâce à leur système racinaire, elles absorbent les eaux contaminées retenues dans le sol et ingèrent certains métaux. (Ali et al., 2013) Également, le volume des déchets dans les décharges à ciel ouvert forme un terrain fertile pour accueillir des vermines, des mouches et d'autres porteurs potentiels de maladies transmissibles, en plus d'être une source d'odeurs, de poussières et de litières (ISWA, 2015).

En ce qui a trait aux récupérateurs informels, ils sont exposés à certains polluants ou substances toxiques qui mettent en danger leur santé. Par l'inhalation, l'ingestion ou le contact avec la peau, ils

peuvent développer des maladies aiguës ou chroniques. Par définition, une maladie aiguë naît lorsqu'une personne est exposée à une substance dangereuse pendant une courte durée et génère des symptômes qui sont immédiats. Par exemple, une brûlure engendrée par une batterie usée qui fuit. Tandis qu'une maladie chronique se développe sur une longue période, car l'exposition aux polluants est répétitive. Les symptômes n'apparaissent pas sur-le-champ, car certaines substances sont absorbées et restent dans le corps au lieu d'être excrétées. En ayant une maladie chronique, les récupérateurs informels peuvent avoir plusieurs maladies cancérogènes ou des malformations congénitales. (ISWA, 2015)

1.4.3 Milieu urbain : santé des populations et dégradation de l'environnement

En zone urbaine, la capitale gabonaise est tellement insalubre qu'elle est source de pollution et de dégradation pour l'environnement. Les populations locales sont contraintes de jeter leurs déchets à des endroits inappropriés, car le système de collecte des déchets ménagers est inefficace (figure 1.6). En effet, il y a des inégalités au niveau du service de collecte, le ramassage des déchets est irrégulier et les contenants sont en mauvais états dans les quartiers en périphérie. À titre d'exemple, derrière l'immeuble Beyrouth situé au PK6 (figure 1.7), il y a eu la création spontanée d'une décharge sauvage; le long des routes, les déchets se retrouvent au sol et bouchent les caniveaux; de mauvaises odeurs se répandent jusqu'aux passants et aux habitations à cause de la fermentation occasionnée par les déchets demeurés trop longtemps dans les conteneurs avant d'être ramassés.



Figure 1.7 Déchets ménagers le long d'une route de Libreville en absence prolongée de levée
(Boukika, 2020)



Figure 1.8 Décharge spontanée créée derrière l'immeuble Beyrouth situé au PK6 (Gerep-environnement, 2014)

Cette problématique est encouragée par l'incivisme chez certains Librevilloise. En effet, les populations rurales qui se retrouvent en zones urbaines peuvent manquer de tact en ce qui concerne la gestion des déchets ménagers. Selon Wallez (2010), le comblement d'une buse d'évacuation des eaux a été occasionné par les populations provenant du monde rural qui ne connaissent pas les pratiques adéquates adoptées en ville. À son avis, « leur persistance serait en partie due au phagocytage des noyaux villageois par l'extension urbaine ».

Les conséquences vis-à-vis de cette situation se posent lors des périodes d'inondations. Durant ces périodes, l'écoulement des eaux pluviales et des eaux usées ne peut se faire correctement à cause des déchets accumulés dans les égouts et les déchets sont transportés sur tout le territoire. Conséquemment, les déchets polluent les eaux d'inondation qui vont infiltrer les puits. Par ricochet, ils vont entraîner des maladies hydriques comme la diarrhée (Wallez, 2010).

2 EXEMPLES DE RÉFORMES EN GESTION DES DÉCHETS DANS LES PAYS DU SUD

Actuellement, il s'opère une volonté mondiale d'innover dans la gestion des déchets ménagers. D'une part, certains pays en développement se tournent vers des sources d'énergie propre et renouvelable dans le but de diminuer leur dépendance aux combustibles fossiles. D'autre part, ils tentent d'instaurer une gestion des matières résiduelles intégrée, afin d'obtenir des retombées positives sur leur territoire. Ainsi, l'objectif de ce chapitre est de présenter des réformes adoptées dans différents pays en développement, afin de gérer de façon efficiente leurs déchets organiques et inorganiques. Les zones présentées ci-dessous ont été sélectionnées, car elles ont un contexte similaire à celui de Libreville. En effet, elles sont situées dans des pays dont l'urbanisation rapide a causé une augmentation des déchets qui a été mal gérée, car les modes de collecte n'ont pas évolué au même rythme.

2.1 Brésil

Au Brésil, la gestion des déchets est un enjeu important pour les élus gouvernementaux. Bien que toutes ses villes ne soient pas au même niveau, certaines d'entre elles tentent de mettre en place de nouvelles technologies pour lutter contre les problèmes liés aux déchets solides municipaux. Dans cette sous-section, il sera en outre question des deux villes suivantes : São Leopoldo et Belo Horizonte.

2.1.1 Belo Horizonte

Pionnier dans la gestion des déchets au Brésil, en 1993, la ville de Belo Horizonte adopte un nouveau modèle de gestion intégrée des déchets solides sur son territoire. Celui-ci met l'accent sur la ségrégation à la source, afin de minimiser l'impact environnemental causé par les déchets et maximiser les avantages sociaux et économiques pour la ville. Quelques années après, Belo Horizonte va se concentrer sur l'intégration du secteur informel du recyclage dans son système de gestion des déchets. Pour ce faire, il va introduire une législation faisant du recyclage, de l'inclusion sociale, de la création d'emploi et de la création de revenus, les quatre piliers de son système de gestion des déchets. (Dias, 2011) D'ailleurs, à travers sa *Loi organique*, Belo Horizonte va suggérer que la vente et la collecte des matières recyclables soient faites par les coopératives des récupérateurs informels (Rojas, 2012).

En 2001, l'État brésilien va établir la collecte de matières résiduelles comme une profession dans la classification brésilienne des professions et en 2010, celui-ci va approuver la *Politique nationale sur les résidus solides* (Dias, 2011; Rojas, 2012). Cette politique est une victoire pour les récupérateurs informels, car elle reconnaît leur rôle dans la gestion des déchets à l'échelle nationale (Rojas, 2012). Au fil des ans, ce nouveau système va apporter des améliorations aux opérations de la décharge

existante, à la collecte sélective, au programme de recyclage des déchets de construction, à l'éducation environnementale, ainsi qu'aux récupérateurs informels et à leur intégration dans le système de gestion des déchets. (Dias, 2011)

Il y a deux types de collecte de déchets qui se présentent à Belo Horizonte : la collecte par les coopératives auprès des producteurs non résidentiels et la collecte en bordure de rue par l'Autorité de nettoyage publique. D'une part, sur huit coopératives de récupérateurs informels, deux d'entre elles vont collecter les matières recyclables des établissements commerciaux et des bureaux à partir de poussoirs. Par ailleurs, pour les matières recyclables des industries et des bureaux publics, celles-ci seront récupérées à partir de véhicules. En 2008, ces coopératives ont collecté près de 5100 tonnes de matières recyclables, soit environ 51 % de toutes les matières recyclables collectées dans la ville. (Dias, 2011)

D'autre part, l'Autorité de nettoyage publique va collecter les matières recyclables grâce à un système de dépôt dans des contenants ou à partir d'un ramassage de bacs en bordure de rue. Dans la ville, il existe près de 150 lieux de collecte où les habitants déposent leurs matières recyclables dans des contenants identifiés à cet effet. Près de 450 conteneurs sont vidés chaque semaine et transportés vers un entrepôt. En 2008, ce système a permis de récolter près de 1300 tonnes de matières recyclables, soit environ 13 % de toutes les matières recyclables récupérées dans la ville. (Dias, 2011)

Outre le système de dépôt des déchets, l'Autorité de nettoyage publique va s'occuper du ramassage en bordure de rue des sacs de matières recyclables. En 2008, les camions ont récupéré près de 3900 tonnes de matières recyclables. Ensuite, ils sont transportés dans des entrepôts de recyclage pour effectuer un tri dans l'une des huit coopératives. Non seulement il y a un tri des déchets, mais les employés les mettent en balles, les déchiquètent, les emballent et les stockent, pour les vendre aux industries. Les coopératives perçoivent la totalité des revenus des ventes qu'elles partagent entre elles. Cela dit, le nouveau système de gestion intégré de Belo Horizonte permet de combiner le secteur formel et le travail semi-formel. (Dias, 2011)

2.1.2 São Leopoldo

À São Leopoldo, la gestion des déchets est assurée par le secteur public, par l'intermédiaire de l'Office municipal de nettoyage public et par le secteur privé. L'Office municipal de nettoyage public assure le désherbage, la tonte, le balayage et l'élimination des débris, tandis que les activités opérationnelles sont effectuées par une société privée qui est supervisée par l'administration communale. (Ghesla, 2018)

La gestion des déchets à São Leopoldo se fait comme suit. Tout d'abord, la collecte et le transport des déchets ont été divisés en trois segments. En premier lieu, la collecte des déchets recyclables se fait une fois par semaine dans tous les quartiers, tandis qu'elle se fait deux fois par semaine au centre-ville, et ce, de 8h à 17h. Celle-ci couvre également 100 points de ramassage où sont situées les écoles et les entreprises. En second lieu, la collecte des déchets putrescibles et non recyclables se fait trois fois par semaine, de 7h à 15h et de 19h à 3h du matin, dans tous les quartiers, mais elle se fait de façon quotidienne au centre-ville en raison de la grande quantité de déchets générés. Enfin, la collecte par les travailleurs informels s'effectue en faisant du porte-à-porte. L'objectif est de récupérer les déchets qui ont une valeur ajoutée avant les camions de collecte publics, afin d'améliorer leurs conditions financières. (Ghesla, 2018)

Par la suite, tous les déchets issus de la collecte sélective sont acheminés dans cinq centres de tri. Parmi ceux-ci, l'un d'entre eux va trier les déchets organiques putrescibles et non recyclables. Pour rendre ce travail efficace, un accord a été signé entre la municipalité et la coopérative des travailleurs informels, afin que la municipalité fournisse à la coopérative les équipements, l'électricité et l'eau nécessaires pour ses tâches. De plus, chaque trimestre, une allocation lui est versée pour couvrir d'autres dépenses et indemnités. Près de 100 familles travaillent dans cette coopérative et elles trient environ 50 tonnes de déchets par jour. (Ghesla, 2018)

Il y a un autre centre qui se situe directement à la décharge sanitaire. En 2011, cette unité a reçu 3700 tonnes de déchets et employait 23 personnes qui triaient jusqu'à 10 tonnes de déchets par jour. Ce travail permettait à chacun d'avoir un revenu mensuel d'environ 176 dollars américains. En soi, ces unités de tri sont avantageuses pour l'administration publique et la population. D'une part, le travail est effectué à faible coût et des économies se font sur les dépenses des nouvelles décharges. D'autre part, la création d'emploi permet aux travailleurs informels d'obtenir un revenu mensuel raisonnable et de réduire leur exclusion sociale. (Ghesla, 2018)

Finalement, le matériel trié est vendu à une vingtaine d'entreprises ou d'intermédiaires. Les revenus de ces ventes peuvent atteindre 119 811 dollars américains. Cette somme ne reflète pas le montant à son plein potentiel, car la vente des matériaux ne se fait pas directement aux industries de recyclage. En revanche, les déchets putrescibles et non recyclables qui n'ont pas été triés dans ces centres de tri sont directement envoyés à la décharge sanitaire. En mai seulement, l'administration municipale a déboursé 102 645 dollars américains pour éliminer ses déchets. (Ghesla, 2018)

Bien que le système de São Leopoldo intègre les étapes du cycle de la gestion des déchets, il a quelques lacunes concernant l'éducation environnementale. Puisqu'il n'y a pas de normes d'emballage, les matières résiduelles sont mises dans des sacs en plastique ou des cartons. Ces sacs ne sont pas bonne qualité, car ils se déchirent facilement. Alors, ils restent ouverts et exposés

à la pluie et aux animaux ruraux. Ce phénomène occasionne la contamination et le transport des déchets recyclables lorsqu'il y a des périodes d'inondations. (Ghesla, 2018)

En somme, ces deux villes reconnaissent l'importance des récupérateurs informels dans la gestion des déchets, en optimisant leur inclusion sociale et en apportant le soutien et l'aide nécessaire pour qu'ils puissent accomplir efficacement leurs tâches.

2.2 Viêt Nam : Hô Chi Minh

Contrairement à certaines villes émergentes, HMC a mis en place un système assez robuste pour gérer ses déchets solides municipaux. La gestion de ceux-ci est assurée par le secteur public et le secteur privé. Au public, la collecte des déchets se fait par l'Urban Environmental One-Member Limited Company et 22 entreprises de services publics, soit une par district. Sa responsabilité est de balayer les rues et les routes et de récupérer les déchets solides générés par les marchés, les bureaux, les centres commerciaux, les espaces publics et les ménages qui résident le long des rues principales de la ville. Ils utilisent plus de 200 camions de 550 kg, environ 1000 véhicules artisanaux à 3 ou 4 roues et plus de 2500 charrettes d'une capacité de 660 litres. Pour le nettoyage et le balayage des rues, les entreprises de services publics ont employé 2414 récupérateurs. (Sharp et al., 2018)

Tandis qu'au privé, la cueillette est effectuée par des collecteurs individuels, des syndicats de collecte et des coopératives. Leur responsabilité est de récupérer 70 % des déchets solides générés par les ménages et les entreprises. Ce sont 4000 collecteurs privés et 500 employés de coopératives qui effectuent ces tâches. À Hô Chi Minh, environ 95 % des déchets sont ramassés en milieu urbain et entre 70 et 80 % en milieu rural. (Sharp et al., 2018)

Après le ramassage, les collecteurs vont se rendre à un des 891 points de rencontre où les déchets vont être récupérés par plusieurs camions de capacités différentes. L'acheminement des déchets vers un site de traitement se fait de deux manières. D'une part, les camions compacts, inférieurs à 4 tonnes, vont transporter les déchets vers des stations de transfert. Au nombre de 22, celles-ci peuvent être fermées avec une capacité de 800 tonnes/jours ou ouvertes avec une capacité d'au plus 270 tonnes/jour. (Sharp et al., 2018)

D'autre part, les camions supérieurs à 4 tonnes vont transporter les déchets vers un site de traitement, tels que la décharge sanitaire, le compostage, le recyclage ou l'incinération. Pour transporter les déchets, plus de 550 véhicules – camions à ordures compacts, camions à benne basculante et charriots élévateurs – représentent l'ensemble du système de collecte. Environ 261 véhicules transportent les déchets vers un site de traitement. À mentionner que 55 % des véhicules

sont équipés d'un système de récupération des lixiviats pour éviter son rejet lors du transport sur les différents itinéraires. (Sharp et al., 2018)

L'un des aspects du système de gestion des déchets à Hô Chi Minh est l'efficacité des activités de recyclage sur son territoire. Selon les données, près de 90 % des matières recyclables sont récupérés et seulement 10 % sont éliminés dans une décharge. Celles qui sont récupérées apportent des avantages économiques aux districts et aux habitants. En effet, environ 740 entreprises de recyclages privés recyclent 2000 tonnes de matières par jour. (Sharp et al., 2018) De plus, son système de gestion des déchets met à disposition les outils nécessaires – camion de collecte, centre de transfert et entreprises de recyclage - pour qu'il y ait une réduction des déchets éliminés sur son territoire.

2.3 Thaïlande : Chiang Rai

Situé au nord de la Thaïlande, Chiang Rai tente d'améliorer la gestion des déchets dans les zones rurales en mettant en place une recherche-action participative comme approche d'acquisition et de transfert de connaissance. Cette approche a été choisie, car il est difficile d'obtenir des ressources financières afin de mettre en place des projets permettant de moderniser le matériel nécessaire à la gestion des déchets. Surnommé Chiang Rai Zero Waste, l'objectif de ce projet est de promouvoir la séparation des déchets à la source grâce à des infrastructures immatérielles pour les communautés. À la première phase, il était question de faire la promotion des composteurs domestiques, appelé sa-wian (figure 2.1), afin de cibler les déchets organiques, car ils représentent la fraction la plus importante en termes de quantité et ils ont un risque de contamination plus élevés que les autres déchets. (Manomaivibool et al., 2018)

Les sa-wans cadrent parfaitement avec les zones rurales de la province, car ils peuvent contenir une grande quantité de déchets organiques, ils permettent aux gens se débarrasser rapidement de leurs ordures et ils durent entre 2 à 3 ans avec un investissement aussi bas que 200 TBH (soit environ 8,50 dollars canadiens). Pour sa promotion, un concours de fabrication a été organisé dans plusieurs villages de Chiang Rai. Les sa-wians peuvent se faire de façon artisanale en utilisant de vieilles tuiles de toit, des filets utilisés ou encore du bambou. Entre juin et août 2015, plus de 2000 sa-wians ont été installés dans 105 villages participant au concours. À la deuxième phase, 18 villages ont été sélectionnés pour mettre en place un plan à 3 étapes : installer un sa-wian, cultiver un jardin comestible et trier les matières recyclables. (Manomaivibool et al., 2018)

En février 2016, un protocole d'accord a été signé entre l'Organisation administrative de la province de Chiang Rai, le chef de chaque village et le maire de la municipalité où se trouve le village. Cet accord précise les responsabilités des trois parties prenantes, de telle sorte que le village soit un

centre d'apprentissage. Pour ce faire, l'Organisation administrative de la province de Chiang Rai a versé une somme de 20 000 THB (environ 900 dollars canadiens). Trois mois plus tard, une évaluation formative a été menée pour vérifier le respect de cet accord. (Manomaivibool et al., 2018)

L'évaluation effectuée en mai 2016 a démontré que 91,6 % des ménages ont aménagé des sa-wians, contrairement à 2014 où il y en avait que 22 % d'installés. En effet, 6 villages ont activement promu la séparation des déchets par des ateliers de formation, des visites d'étude, des campagnes de sensibilisation, d'équipement et de matériel, ainsi que la nomination de personnel et la commercialisation de produits en provenance des activités de recyclage. (Manomaivibool et al., 2018)

De plus, ayant un volume moyen de 0,95 m³, lorsqu'un sa-wian est rempli, le propriétaire doit simplement retirer le compost et l'utiliser pour cultiver des légumes pour sa propre consommation. La présence de sa-wians a encouragé les ménages à faire du compost liquide afin réduire le temps de compostage des matières organiques. Selon l'évaluation, 97,3 % des ménages ont cultivé des légumes avec ce conditionneur du sol (figure 2.1). En outre, cette initiative a profité aux gouvernements locaux, car le coût de fabrication a été absorbé par les villageois et ils ont économisé un montant de 324 millions THB (environ 1,4 million de dollars canadiens) pour les frais de collecte et d'élimination des déchets. (Manomaivibool et al., 2018)

En ce qui concerne les déchets recyclables, 96,7 % des ménages ont séparé une matière recyclable, tandis que 48 % en ont séparé 4 ou plus. Il a été remarqué que parmi les matières le plus recyclées, il y avait 88 % de bouteilles en plastique, 73 % de bouteilles en verre et 55 % de sacs en plastique. Pour effectuer le tri de leurs déchets, 60,4 % des villageois ont choisi d'utiliser des sacs agricoles ou encore des bacs artisanaux (figure 2.1). Cette façon de faire a évité aux élus gouvernementaux de fournir des bacs multicolores. De plus, de nouveaux comportements ont été perçus chez neuf des 18 villages. Ceux-ci triaient les matières recyclables pour des activités permettant de générer des revenus. Parmi les neuf villages, cinq ont créé un groupe de valorisation afin de fabriquer des produits artisanaux, deux villages exploitent une banque d'ordures où les individus et les communautés vendent leurs déchets, tandis que les deux autres villages effectuaient les deux activités. (Manomaivibool et al., 2018)

Cependant, en raison du contexte de chaque village, il y avait certaines contraintes. À titre d'exemple, les villages disposant d'un service de collecte de déchet avaient un taux de séparation des sacs plastiques de 76 % contre 47,1 % pour ceux qui n'en avaient pas. En revanche, les ménages qui n'avaient pas de système de collecte devaient avoir la lourde tâche stocker leurs sacs plastiques, ce qui rendait le recyclage à domicile plus difficile. (Manomaivibool et al., 2018)



Figure 2.1 a) un sa-wian pour les déchets organiques, b) un jardin cultivé à domicile, c) séparation des matières recyclables (Manomaivibool et al., 2018)

Le projet Chiang Rai Zero Waste a su démontrer qu'il est possible de développer une conscientisation environnementale auprès des villageois en mettant l'accent sur la simplicité d'application et l'efficacité d'une nouvelle technologie.

2.4 Chine

Dès 1930, plusieurs entreprises débutent la commercialisation du biogaz en Chine, afin de réduire l'importation du kérosène utilisé pour l'électricité. Ce n'est qu'à partir des années 1950 que débute la promotion de la technologie, mais les résultats ne sont pas fameux en raison de plusieurs problèmes occasionnés par les matériaux de construction. Les entreprises utilisaient un mélange d'argile, de chaux et de sable, car le ciment était rare à l'époque. Vers la fin des années 1970, la construction de plusieurs digesteurs à dôme fixe reprend d'un bon pied à la suite d'une crise du carburant à travers le pays. Ainsi, le nombre de digesteurs de biogaz est passé de 6000 à 7,23 millions entre 1970 et 1980. (Zuzhang, 2013)

Malgré cette exposition, en 1986, un grand nombre de biogaz a cessé d'être fonctionnel à cause des mauvais matériaux utilisés pour leur fabrication. La quantité de biogaz utilisée atteignait ainsi près de 4,53 millions (Zuzhang, 2013). Cette situation a permis aux entreprises d'améliorer leurs matériaux de construction en utilisant davantage de la brique, du ciment et du béton et de développer différents types d'usines de biogaz (Zheng et al., 2020).

Vers le début des années 2000, le développement du biogaz en Chine prend de l'élan grâce aux investissements du gouvernement dans différents programmes favorisant l'utilisation d'énergie renouvelable. En effet, dans son 11^e plan quinquennal de développement énergétique (2006-2010), la Chine avait fixé comme objectif de construire 40 millions de digesteurs à biogaz domestiques

(United Nations Development Programme [UNPD], s.d.). Pour ce faire, la Chine a financé 40 milliards de RMB (environ 6,27 milliards USD) pour mettre en place le projet du Développement et promotion de l'utilisation du biogaz en Chine rurale, qui a été mis en œuvre par le ministère de l'Agriculture et la Commission nationale du développement et de réforme en collaboration avec 29 gouvernements provinciaux (UNPD, s.d.).

À travers ce projet, l'objectif de la Chine était de construire 23 millions de digesteurs de biogaz domestiques dans les zones rurales en 2010, afin d'offrir plusieurs avantages sociaux, économiques et environnementaux tels que, l'optimisation de l'élimination des déchets, l'accès à une énergie propre pour la cuisine, la disponibilité accrue d'engrais et la réduction du bois de feu (UNPD, s.d.). L'installation de biogaz était composée d'un digesteur à biogaz de 8 à 10 m³ ayant un système d'évacuation automatique et de distribution (tuyaux), ainsi qu'une poêle et/ou une lampe (UNPD, s.d.).

Pour qu'il y ait une acceptabilité sociale du projet auprès des Chinois, le slogan « un digesteur plus trois rénovations » a été mis de l'avant, afin de proposer aux ménages qu'à la construction d'un digesteur, il y aura la réparation de la cuisine, des toilettes et des abris pour animaux. Ainsi, de 2006 à 2010, le projet de Développement et promotion de l'utilisation du biogaz en Chine rurale a engendré la construction près de 32 millions de digesteurs. En somme, la Chine a atteint l'objectif fixé dans son 11^e plan quinquennal de développement énergétique (2006-2010). (UNPD, s.d.) Sur les 50 millions de digesteurs en zone rurale qui sont installés à travers le monde, il y a actuellement 42 millions qui sont opérationnels sur le territoire (World Biogas Association, 2019). Utilisés par 27 % des Chinois, ces biogaz sont en mesure de produire 14 milliards de m³ de biogaz par an et d'offrir plusieurs avantages à 137,6 millions de résidents en zones rurales (UNPD, s.d.).

À travers ce programme, le gouvernement chinois a été en mesure de maximiser la qualité de l'environnement dans les zones rurales. Outre la réduction des déchets à éliminer, la technologie du biogaz a aussi permis de s'attaquer à plusieurs problèmes ruraux, tels que la pollution de l'eau et les infections d'origines hydriques causées par les déchets, le manque de combustibles propres pour la cuisson, la pollution de l'air intérieure par la combustion de biomasse solide, ainsi que la dégradation du sol due aux engrais inorganiques et la déforestation occasionnée par l'utilisation du bois pour le chauffage et la cuisson.

2.5 Mexique : Teocelo

La gestion et l'élimination des déchets étaient l'une des principales problématiques de la municipalité de Teocelo. Parmi les 10 tonnes de déchets collectés par jour, 60 % représentaient de la matière organique et celle-ci était éliminée dans une décharge privée, dont les frais mensuels s'élevaient à

3500 dollars (Vazquez, 2003). Pour remédier à la situation, le gouvernement du Mexique a demandé à la municipalité d'implanter une décharge sanitaire, afin de se libérer de ces coûts mensuels. N'ayant pas les moyens financiers de répondre à cette demande, la direction municipale de l'écologie et du développement rural a proposé d'implanter une usine de lombricompostage.

Pour mettre ce projet en place, Teocelo a développé le Programme de séparation, manipulation, éducation, traitement et exploitation des déchets solides selon trois objectifs précis : changer la culture citoyenne concernant la gestion des déchets, transformer les déchets organiques en engrais et les distribuer aux producteurs locaux à travers des programmes de développement agricole. Bien que la municipalité fût d'avis que ce projet était une avancée technologique positive, la population locale n'avait pas le même point de vue. Celle-ci s'est opposée à sa construction, car elle pensait que cette nouvelle installation serait porteuse de maladies infectieuses. Pour changer l'opinion du public, à court terme, la municipalité a convenu avec la communauté que si le centre de compostage génère des problèmes de santé publique dans la région, celui-ci fermerait ses portes. (Vazquez, 2003)

La construction du centre consistait à installer 15 systèmes de lit pour la croissance de vers, afin de traiter les déchets solides organiques générés par la municipalité. Ainsi, le compost recueilli sera utilisé comme engrais pour les espaces verts de la commune et commercialisable par les agriculteurs (De Medina-Salas et al., 2020; Vazquez, 2003). Avec un temps de production d'un mois, contrairement à six mois par les méthodes traditionnelles de compostage, la municipalité de Teocelo a investi 20 000 dollars dans ce système. Cette technologie a d'ailleurs permis à la municipalité de signer un accord avec l'Agence japonaise de coopération pour que sa technologie soit utilisée dans d'autres pays en développement. (Vazquez, 2003)

Afin de changer le comportement de la communauté, des incitations institutionnelles ont été modifiées au moyen de la réglementation municipale. Pour ce faire, trois stratégies ont été mises de l'avant : éduquer le public sur les problèmes environnementaux, privatiser les avantages du tri des déchets par la restructuration des cultures et la livraison d'engrais aux agriculteurs locaux et surveiller le comportement des individus. (Vazquez, 2003)

À cet effet, le maire de Teocelo a instauré un processus de tri des ordures pour les résidents et les agriculteurs. D'une part, une quarantaine d'équipes de deux personnes chacune se sont déplacées aux domiciles des ménages pour expliquer le fonctionnement du programme et la façon dont il faut y participer. En parallèle, des ateliers de tris des déchets se faisaient dans les écoles primaires. D'autre part, la municipalité a convoqué et accompagné les agriculteurs à trier leurs déchets et à s'inscrire au programme de construction de serres rustiques, afin de faire pousser des tomates et des poivrons verts dans leur cour arrière.

Actuellement, 90 % des citoyens participent au tri des ordures en raison de la collaboration sociale, la protection de l'environnement et l'obligation morale. L'implantation de l'usine de lombricompostage à Teocelo a eu des impacts sociaux, économiques et environnementaux positifs. Depuis 2010, ce centre dispose d'espaces verts et de loisirs, d'un module pédagogique, ainsi que plusieurs structures qui offrent des séances de sensibilisation à travers des cours, des ateliers et des conférences. Au fil des ans, Teocelo a reçu plusieurs prix de distinction au Mexique. Il est d'ailleurs la première municipalité du Mexique à adopter un plan face au changement climatique et à déclarer être exempt de cultures transgéniques. (De Medina-Salas et al., 2020)

3 SOLUTIONS POSSIBLES POUR MIEUX GÉRER LES DÉCHETS À LIBREVILLE

Comme il a été démontré dans le premier chapitre, Libreville possède une gestion des déchets de base. Celle-ci se résume à transférer ses ordures ménagères vers une décharge à ciel ouvert. Pour ouvrir son champ de vision, ce chapitre propose des outils de gouvernance et des méthodes de traitement pouvant bénéficier à la gestion des déchets de la capitale gabonaise. Le tableau 3.1 présente une vue d'ensemble des différentes solutions explorées en fonction de leur thématique.

Tableau 3.1 Solutions pour une meilleure gestion des déchets à Libreville

Thématiques	Solutions
Cadre politique	Organisation administrative
	Financement basé sur les résultats (FBR)
	Politique nationale de gestion des déchets
Moyen incitatif et dissuasif	Information, sensibilisation et éducation (ISÉ)
	Règlementation pour bannir certains produits
Précollecte des déchets ménagers	Points de regroupement
	Points d'apport volontaire (PAV)
Collecte des déchets ménagers	Déchèterie
	Centre de transfert des déchets
Mécanismes de traitement des déchets ménagers	Biométhanisation
	Compostage
	Recyclage par les récupérateurs informels
	Centre d'enfouissement technique (CET)

3.1 Cadre politique

Le cadre politique est un aspect important que les pays en développement doivent définir pour établir une bonne gestion des déchets sur leur territoire.

3.1.1 Organisation administrative

Une gestion des déchets ménagers met en relation trois acteurs principaux : un régulateur, des gestionnaires et des agents économiques. Ici, le régulateur représente l'État, la municipalité représente le gestionnaire et les agents économiques représentent les ménages. L'État va se servir d'instruments réglementaires pour imposer des objectifs de valorisation à la municipalité. La

municipalité va se charger de la gestion des déchets et les ménages vont donner des redevances à la municipalité pour recevoir des services de récupération et d'élimination. (Gbinlo, 2010)

Dans la plupart des pays africains, cette structure n'a pas été mise en place. La gestion des services publics a été déléguée au secteur privé. Pourtant, ce système est complexe, car les deux parties ont des intérêts divergents. Les municipalités recherchent l'intérêt général tandis que les entreprises privées cherchent à faire du profit. (Gbinlo, 2010) De plus, les ménages et la municipalité n'ont aucune relation puisqu'ils traitent directement avec le secteur privé (Koledzi et al., 2014).

Pourtant, pour qu'une gestion des déchets soit efficiente, il faut redresser l'assise de l'organisation administrative des pays africains grâce à une meilleure structure institutionnelle, un encadrement réglementaire, une bonne planification et un contrôle des activités sous-traitées. En premier lieu, il est primordial de définir clairement les missions entre les ministères, les municipalités et le secteur privé, de telle sorte qu'il n'y a pas un chevauchement des responsabilités. En second lieu, il faut évaluer des résultats obtenus par les anciens systèmes de collecte, afin d'établir des objectifs d'amélioration et prévoir des actions correctives. D'autre part, des stratégies de planification doivent être instaurées, afin de mettre en place une bonne coordination entre les agents opérationnels. (Loukil et Rouached, 2018)

3.1.2 Financement basé sur les résultats

Dans la majorité des pays en développement, les municipalités ne sont pas en mesure d'assurer la gestion des déchets par manque de fonds. Même si l'organisation administrative et les stratégies sont bien établies, leur capacité financière les empêche de passer à l'action. Afin d'offrir un service efficace et effectif, la Banque mondiale propose d'appliquer le financement basé sur les résultats (FBR) dans le secteur des déchets. Par définition :

« Le financement basé sur les résultats pour les déchets solides municipaux est un mécanisme financier par lequel le paiement pour les services de gestion des déchets solides est conditionné à la réalisation et à la vérification des objectifs convenus à l'avance. Une caractéristique fondamentale du FBR est que les décaissements ou les récompenses en nature à l'endroit d'un prestataire des services sont conditionnés à l'accomplissement par celui-ci d'une série d'actions prédéterminées ou à l'atteinte d'un objectif de rendement prédéterminé. Le FBR offre des possibilités d'innover dans l'utilisation du financement de développement dans le secteur des déchets et d'obtenir des résultats. » (Banque mondiale, 2014)

En d'autres mots, le FRB permet d'améliorer la prestation des services des déchets et la collecte des redevances, de promouvoir le recyclage et le tri à la source, de renforcer la collecte et le transport des déchets dans les communautés moins-desservies. Plusieurs villes en développement ont

implanté ce système, car il garantit que les fonds publics seront utilisés de façon efficace et transparente.

Népal

Au Népal, le taux d'urbanisation est d'environ 3,5 % par an. Cette urbanisation est un poids sur la gestion des déchets solides municipaux, car sur 700 000 tonnes de déchets par an moins de la moitié est collectée. De ce fait, les déchets sont jetés dans des décharges illégales, occasionnant des risques pour la santé des populations et pour l'environnement. Cette situation est à l'origine d'un faible niveau de couverture par le service de collecte des déchets et de redevances insuffisantes auprès des résidents. Afin de résoudre cette problématique, le FBR offre au Népal une subvention lui permettant d'aider les municipalités participantes à combler l'écart entre les coûts du service et les redevances collectées par celles-ci. L'idée est toutefois de devenir indépendant, car au fil du temps la subvention va diminuer, tandis que la qualité du service de collecte va s'améliorer et par ricochet les résidents auront la volonté de payer les redevances aux municipalités. (Banque mondiale, 2014)

Malaisie

Penang est l'un des États de la Malaisie qui est séparé en deux par l'île de Penang et Seberang Perai. Étant très urbanisés, soit 750 000 et 815 767 habitants, ces territoires produisent 288 377 et 528 275 tonnes de déchets par an, respectivement. Sachant qu'ils sont jetés dans des décharges, ces déchets représentent 40 à 60 % de déchets organiques produisant des émissions de GES, comme le CH₄ et le CO₂, qui contribuent fortement au réchauffement climatique. Pour remédier à cette situation, des paiements incitatifs sont offerts aux communautés d'immeubles pour qu'elles séparent leurs déchets organiques de leurs déchets ménagers. Ce paiement est basé sur une note qui sera déterminée en fonction de la qualité du tri et de la quantité des déchets organiques. Un résultat minimal et maximal a été préétabli pour évaluer la redevance minimale et maximale offerte. Ce programme dure quatre mois, avec deux mois d'évaluation. (Banque mondiale, 2014)

Jamaïque

La ville de Kingston produit près de 420 000 tonnes de déchets par an, mais son service de collecte des déchets est médiocre, car il a un budget déficitaire. En conséquence, les communautés du centre-ville n'ont pas accès à une collecte des déchets régulière et efficace, car il y a un manque de camions et de points de collectes intermédiaires. Les solutions adoptées dans cette ville sont, d'une part, des incitations en nature, soit l'accès à des camions de collecte des déchets. Ceux-ci sont offerts à l'Autorité Nationale de Gestion de Déchets Solides seulement si la ville est en mesure d'offrir un service de collecte suffisant et régulier. Une collecte suffisante est déterminée à la suite d'une évaluation visuelle qui démontre que les PAV sont remplis à moins de 75 %. Tandis qu'une collecte

régulière est la comparaison entre le nombre de collectes d'ordures effectué et le nombre qu'il est nécessaire d'effectuer.

D'autre part, des incitatifs financiers sont offerts aux agents environnementaux et aux organisations communautaires de base (OBC) pour les raisons suivantes : les matières recyclables et organiques séparées ont atteint le poids ciblé et qualitativement les communautés et les PAV ont été nettoyés adéquatement. Ce programme de 36 mois demande des évaluations tous les trois mois. En fonction de leur performance, chaque acteur du programme perçoit des primes. L'Autorité Nationale de Gestion de Déchets Solides reçoit un camion de collection la 2^e et 5^e année, les agents gouvernementaux un bonus salarial de 10 % tous les trois mois et les OCB entre 1200 et 2400 dollars américains tous les six mois. (Banque mondiale, 2014)

3.1.3 Politique nationale de gestion des déchets

L'élaboration d'une politique nationale de gestion des déchets a pour objectif de démontrer la vision et l'engagement d'un pays face à cet enjeu. Celle-ci est généralement accompagnée d'un plan d'action quinquennal, où se trouvent les objectifs et les indicateurs à atteindre, les stratégies d'interventions et les échéanciers à respecter. La réalisation d'un plan d'action peut se faire à travers plusieurs programmes nationaux.

À titre d'exemple, en 2007, le Maroc en collaboration avec la Banque mondiale a mis en place un Programme National des Déchets Ménagers (PNDM) qui s'inscrit dans le cadre de sa politique de réforme et de développement du secteur des déchets ménagers. Les objectifs de ce programme étaient les suivants : d'assurer la collecte et le nettoyage des déchets ménagers afin d'atteindre un taux de collecte de 90 %; de réaliser des centres d'enfouissement et de valorisation au profit de 100 % des centres urbains; de réhabiliter ou de fermer 100 % des décharges existantes; de moderniser le secteur des déchets par la professionnalisation du secteur; de développer la filière de tri-recyclage-valorisation par des actions pilotes de tri pour atteindre un taux de recyclage de 20 %; de généraliser les plans directeurs de gestion des déchets ménagers et assimilés; de former et sensibiliser tous les acteurs sur la problématique des déchets. (Zaouaq et Zaouaq, 2019)

Dans la même veine, la France a mis en place une politique de prévention et de gestion des déchets, car elle souhaite transiter vers un modèle d'économie circulaire. De cette politique découle le programme national de prévention des déchets 2014-2020, afin de mettre en place les actions visant à diminuer la quantité de déchets produite. (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2019) Au Québec, les choses vont dans le même ordre d'idée, car à travers sa *politique de gestion des matières résiduelles 2011-2015* il propose un plan d'action 2019-2024 dont les objectifs sont d'améliorer la gestion des matières résiduelles du Québec, de bâtir une économie verte, d'encourager

des comportements plus respectueux de l'environnement et d'avoir de meilleures pratiques de consommation. (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC], 2019) La figure 3.1 suggère que la mise en place d'une politique de gestion de déchets contribue positivement aux trois sphères du développement durable.



Figure 3.1 Contributions d'une politique de gestion des déchets sur les trois sphères du développement durable (PNUE, 2013)

3.2 Moyen incitatif et dissuasif

Les pratiques de consommation pèsent lourd dans la gestion des déchets. Dans l'optique de changer de comportement chez ces acteurs, deux solutions sont proposées ci-dessous.

3.2.1 Information, sensibilisation et éducation

Dans la gestion des déchets, les citoyens ont une grande influence sur la réussite d'un nouveau système de gestion de déchets qui a été implanté par les instances gouvernementales. À cet effet, ils doivent comprendre les impacts environnementaux, sociaux et économiques de leurs actions sur l'atteinte des objectifs gouvernementaux. La majorité des pays en développement n'éduque pas leur population au sujet des 3RV-E. C'est-à-dire, la réduction à la source, le réemploi, le recyclage, la valorisation et l'élimination.

Dans cette optique, l'information, sensibilisation et éducation (ISÉ) est une initiative primordiale à mettre à bien pour que toutes les étapes du système de gestion des déchets ménagers soient efficaces et performantes. Pour ce faire, que ce soit pour les particuliers, les établissements scolaires ou les entreprises, des campagnes d'ISÉ peuvent être mises en place à travers des conférences, des formations, des forums, des affiches publicitaires ou encore des articles dans les journaux locaux, en mettant l'accent sur l'importance du tri de déchets recyclables, de la valorisation des déchets organiques et de la consommation responsable. D'un autre côté, l'ISÉ permet de créer des espaces de dialogue où les acteurs concernés sont en mesure de poser des questions, d'émettre des commentaires et de proposer des pistes d'améliorations.

L'objectif de l'ISÉ est d'influencer le comportement des acteurs concernés et de les rendre conscients des impacts que peuvent avoir leurs actions à court, moyen et long terme, tout en ayant à l'idée que l'opinion du public est à prendre en compte. De cette manière, ils seront en mesure d'adopter de meilleures pratiques permettant de réduire à la source, d'augmenter le taux de récupération des matières recyclables et de valorisation des matières organiques, ainsi que de réduire le taux d'élimination dans les décharges à ciel ouvert. Il est important de souligner que le rôle des élus n'est pas d'imposer ou de forcer un changement, mais plutôt d'être des accompagnateurs dans cette démarche et de mettre à disposition des incitatifs d'encouragement auprès de la population.

3.2.2 Règlementation : bannissement de certains produits

Actuellement, à travers le monde, l'élimination des plastiques à usage unique – bouteilles d'eau, emballages alimentaires, sacs d'épicerie, gobelets et leurs couvercles, pailles et bâtonnets – a atteint le summum (Environnement jeunesse, 2019). Plus de 75 % des plastiques produits jusqu'à présent sont un déchet. En effet, les techniques de collecte et de recyclage sont dans l'incapacité d'y faire face, parce que les matériaux utilisés pour les plastiques à usages uniques sont difficilement recyclés (WWF, 2019). Outre les plastiques à usage unique, d'autres matières résiduelles terminent leur chemin dans des décharges à ciel ouvert, sans passer par un mode de traitement lui correspondant.

Dans cette optique, le gouvernement gabonais peut débiter par le bannissement des sacs plastiques, comme l'a si bien fait le Rwanda, en adoptant un décret. Contrairement au Rwanda, pour optimiser sa réussite, l'État doit investir dans des alternatives à couts raisonnables sur lesquelles une étude aura été faite au préalable, afin d'assurer qu'elles n'aient pas d'impacts environnementaux plus dommageables à long terme. D'un côté, ça permettrait de viser les personnes à faible et moyen revenu, de l'autre, ça éviterait de développer un marché noir de sacs plastiques dans le pays. (Bergeron-Maurice, 2019)

3.3 Précollecte des déchets ménagers

En amont de la chaîne de gestion des déchets, la précollecte est une étape importante bien qu'elle soit le maillon le moins performant du système. Si elle est bien exécutée, les municipalités sont en mesure de déclencher des stratégies ambitieuses en ce qui concerne les processus en aval. (Loukil et Rouached, 2018)

3.3.1 Point de regroupement

Le premier chapitre démontre que l'accès aux services de collecte est un enjeu important pour plusieurs ménages de Libreville. À cet effet, des PAV sont existants pour permettre aux Librevillois d'aller déposer leurs déchets. Cependant, le système mis en place n'est pas efficace, car les bacs actuels accueillent les déchets pêle-mêle et il y a souvent des débordements. Pour optimiser ce problème, des points de regroupement seraient idéals, car ça permet d'avoir des bacs destinés aux ordures ménagères, aux déchets verts ou aux encombrants. À Punaauia, les points de regroupement sont composés de bacs de plus de 600 litres ou des conteneurs. Dépendamment de l'envergure du point de regroupement, il y a des gardiens qui s'assurent que le tri des déchets soit bien effectué. La figure 3.2 présente un exemple de point de regroupement à Punaauia. (Wong, 2018)



Figure 3.2 Point de regroupement à Punaauia (Wong, 2018)

3.3.2 Points d'apport volontaire

Bien qu'il y ait des PAV à Libreville, ceux-ci ne détiennent aucun système de tri. Une initiative pouvant améliorer la précollecte serait d'implanter des bornes d'apport volontaire présenté à la figure 3.1, comme il a été fait en France. Ceux-ci permettent de récolter les déchets recyclables, soit le papier, le verre, ainsi que les emballages ou les contenants en plastique. (Wong, 2018) Pour que toutes les matières puissent être déposées aux mêmes PAV, il serait avantageux de rajouter une borne pour les déchets organiques.



Figure 3.3 Points d'apport volontaire pour les matières recyclables (Wong, 2018)

3.4 Collecte des déchets ménagers

La gestion des déchets peut devenir très couteuse en l'espace d'une année, simplement à cause de la collecte des déchets. Dans le but de réduire ses couts, des structures adaptées peuvent être mises en place.

3.4.1 Déchèterie

La déchèterie est un lieu aménagé pour déposer les déchets ménagers qui ne sont pas récupérés lors de la collecte sélective. Il s'agit des encombrants, des déchets verts et des déchets dangereux comme les batteries et les huiles usagées. Cette technique de collecte existe en France depuis les années 90 et d'autres pays s'en sont inspirés pour optimiser leur collecte des déchets. À titre d'exemple, la Nouvelle-Calédonie a installé deux déchèteries qui ont permis de réduire son cout annuel de collecte des déchets et sa redevance d'enlèvements des ordures ménagères. (Wong, 2018) D'ailleurs, ce lieu est sous surveillance pour empêcher les individus de déposer leurs déchets dans les compartiments qui ne leur sont pas attribués.



Figure 3.4 Déchèterie de Cannes (Syndicat mixte d'élimination des déchets [SMED], 2020)

3.4.2 Centre de transfert

Le centre de transfert est une installation de réception de déchets installée dans la ville de façon stratégique, pour que les camions de collecte y transfèrent les déchets récoltés. Par la suite, des camions de plus grande capacité acheminent les déchets à partir du centre de transfert vers une installation de traitement des déchets ou un site d'élimination finale. La mise en place d'un centre de traitement permet d'optimiser l'utilisation des équipements de collecte et d'en réduire les coûts à long terme. Pailleurs, ils ne doivent pas être utilisés pour un stockage des déchets à long terme. C'est un lieu de réception temporaire permettant de réduire les temps de trajets des camions de collecte. (Bob Offei et Boachie, 2019) Pour que ce système soit efficace, la collecte des déchets doit être adaptée au territoire de telle sorte qu'il y ait une quantité suffisante de bacs de déchets, de points de regroupement et de camions de collecte.

Comme il est présenté à la figure 3.2, il existe différentes technologies de stations de transfert :

- ◇ Modèle A : technologie où les déchets sont directement déchargés du haut d'une remorque d'environ 100 verges cubes. Cette technique est simple et ne repose pas sur des équipements sophistiqués.
- ◇ Modèle B : étape intermédiaire au déchargement des déchets. Les déchets sont déposés sur une fosse pour réduire le nombre de remorquages de transfert nécessaire par la suite. Le chargement est effectué par un chargeur à chenilles ou un bulldozer.
- ◇ Modèle C : À l'aide d'un vérin hydraulique, les déchets sont compactés dans la remorque de transfert. Celle-ci conçue en acier résiste à la puissance de la compression. Par ailleurs, la remorque et le vérin réduisent l'espace disponible pour les déchets.

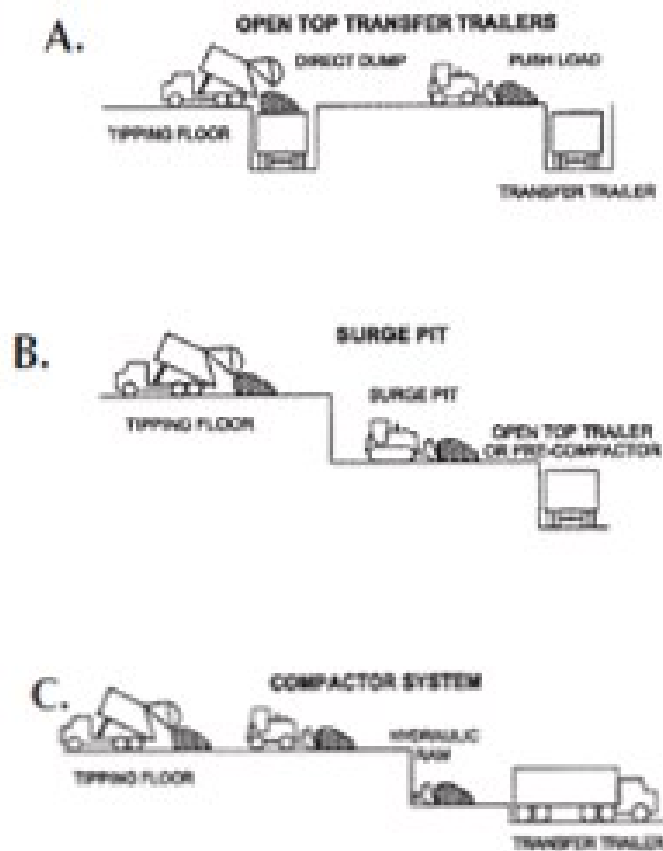


Figure 3.5 Technologies de base des stations de transfert (United States Environmental Protection Agency, 2002)

3.5 Mécanismes de traitement des déchets

Cette sous-section présente quatre mécanismes de traitement des déchets pouvant être implantés dans un pays en développement. Il s'agit de la biométhanisation, du compostage, du recyclage par les récupérateurs informels et du centre d'enfouissement technique.

3.5.1 Biométhanisation

Selon Vögeli et al. (2014), la digestion anaérobie est un processus microbiologique permettant de décomposer presque toutes les fractions biodégradables de la matière organique en l'absence d'oxygène. Ce processus de fermentation s'opère dans des réservoirs de réacteurs hermétiques, communément appelés digesteurs, où différents groupes de microorganismes de la matière organique biodégradable sont convertis en deux produits. Il s'agit d'un biogaz riche en énergie et d'un digestat nutritif. D'une part, le biogaz va contenir environ 50 à 70 % de CH_4 et 30 à 50 % de CO_2 . D'autre part, le digestat sera constitué de composantes organiques stables à dégradation lente comme la lignine, l'azote, le phosphore et des sels inorganiques contenant du phosphate, de l'ammonium, ainsi que du potassium. (Fagerström et al., 2018)

Le processus de formation de biogaz est divisé en trois étapes, soit l'hydrolyse, l'acidification (acidogénèse et acétogénèse) et la méthanogénèse. Premièrement, l'hydrolyse permet de décomposer les chaînes moléculaires longues et complexes des glucides, des protéines et des lipides en petites chaînes (Kigozi et al., 2014). La conversion de ceux-ci en dioxyde de carbone, hydrogène, ammoniac et acides organiques va se faire à partir du processus d'acidogènes (Rajaratne et Kumara, 2014). Le processus d'acétogénèse va par la suite convertir ces produits en acides acétiques (CH_3COOH), hydrogène (H_2) et dioxyde de carbone (CO_2). Finalement, les bactéries méthanogènes décomposent les produits créés durant l'étape de l'acidification pour former du méthane et du dioxyde de carbone. (Kigozi et al., 2014) Par ailleurs, il est possible de retrouver certains gaz mineurs comme le sulfure d'hydrogène, l'oxygène ou encore l'hydrogène. Un biogaz qui a une teneur en méthane de plus de 45 % est inflammable et plus la teneur en méthane est élevée, plus la valeur énergétique est élevée. (Vögeli et al., 2014) (voir tableau 3.2)

Tableau 3.2 Composition typique du biogaz à partir de déchets (tiré de : Vögeli et al., 2014)

Composante	Symbole	Concentration (%)
Méthane	CH ₄	55 - 70
Dioxyde de carbone	CO ₂	35 - 40
Eau	H ₂ O	2 - 7
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	20 - 20 000 ppm (2 %)
Nitrogène	N ₂	<2
Oxygène	O ₂	<2
Hydrogène	H ₂	<1
Ammoniac	NH ₃	<0,05

La digestion anaérobie mime le comportement naturel dans les marécages et les sédiments. Son adaptation dans un réacteur de biométhanisation existe depuis plusieurs décennies. Au départ, ce réacteur est conçu pour traiter les mélanges de déchets liquides avec plus ou moins de matières en suspension, comme le fumier, les eaux usées domestiques et industriels, ainsi que les boues de traitement biologique ou physicochimique. Par la production du biogaz riche en méthane et la formation d'un digestat, ce réacteur permet de diminuer la déforestation occasionnée par la consommation de bois de chauffage, de diminuer la pollution de l'air intérieur et d'améliorer la fertilité des sols. Ce n'est qu'à partir des années 60, que l'utilisation de déchets agricoles et municipaux a attiré l'attention dans le secteur de la digestion anaérobie de la biomasse. Les pays en développement choisissent la digestion anaérobie, car ils sont attirés par ses aptitudes techniques, sa rentabilité et la disponibilité des compétences locales et des matériaux locaux. (Vögeli et al., 2014)

Avantages des biométhaniseurs

L'utilisation de la fraction organique des déchets solides, pour la production de biogaz, améliore la gestion des déchets tout en offrant une source d'énergie propre. Contrairement à d'autres cultures énergétiques qui nécessitent des coûts supplémentaires pour être cultivées et utilisées, les déchets organiques sont disponibles en abondance et ils représentent un substrat inépuisable à la production de biogaz. (Fagerström et al., 2018) Aussi, c'est une matière qui n'a subi aucun processus de digestion au préalable, alors elle a une teneur élevée en énergie grâce à sa concentration élevée en solides volatils. De cette manière, les déchets organiques produisent plus de biogaz par unité de poids. (Kigozi et al., 2014)

L'énergie produite peut être utilisée comme substitut aux combustibles fossiles traditionnels pour le chauffage, la cuisson et la production d'électricité (Kigozi et al., 2014). En effet, pour qu'il y ait une production d'électricité, le biogaz doit être transféré soit à partir d'une unité de production de cogénération placée dans l'installation de biogaz ou via un système de tuyauterie à basse pression vers une centrale de cogénération. Ainsi, grâce à des centrales thermiques et électriques, l'électricité

va être produite à partir d'un moteur à combustion. Celle-ci sera utilisée localement ou fournie sur un réseau. La transition vers un système de production biosourcé et d'énergie renouvelable, comme le biogaz, permet d'avoir un approvisionnement responsable et autosuffisant affranchi du joug d'autres pays. (Fagerström et al., 2018)

D'ailleurs, le biogaz issu de la digestion anaérobie est un moyen qui permet de réduire les émissions de GES. Il est connu de tous que dans plusieurs régions des pays en développement, les substrats organiques considérés comme des déchets sont déposés dans des décharges où elles se décomposent et libèrent du CH₄ dans l'atmosphère. Ayant un potentiel de réchauffement climatique 21 fois supérieur au CO₂, lorsque ces déchets organiques sont redirigés de la décharge vers une installation de biogaz, il s'opère une réduction significative des émissions de CH₄ en provenance des décharges. Aussi, lorsque l'on séquestre le biogaz, soit le CH₄ ou le CO₂, ça permet de contribuer au contrôle de l'augmentation de la température mondiale. (Fagerström et al., 2018)

Inconvénients des biométhaniseurs

La fraction organique des déchets solides est totalement imprévisible, car elle peut contenir un large éventail de composantes qui varient selon la saisie et le territoire. En effet, certains déchets peuvent contenir des substances ou des matériaux indésirables comme des agents pathogènes, des antibiotiques, des résidus pharmaceutiques, des microplastiques ou des métaux lourds. Pour que la matière première soit de qualité pour la digestion anaérobie, il est nécessaire d'effectuer un tri approfondi à la source par des équipements hydromécaniques tels que des tamis trommels, des hydropulseurs ou encore des hydrocyclones. Non seulement ils représentent des investissements coûteux par rapport aux coûts initiaux, mais il faudra y rajouter des coûts d'exploitation et d'entretien. De plus, de façon générale, les déchets solides ont des tailles assez grossières par rapport aux fumiers ou aux boues municipales. Cette caractéristique rend difficile la fermentation du substrat et réduit l'activité microbienne. Pour réduire la taille des particules, il faut des broyeurs avant d'alimenter le digesteur. Cette technique nécessite des coûts supplémentaires au processus de la digestion anaérobie. (Kigozi et al., 2014)

Coûts des biométhaniseurs

Les coûts d'une telle technologie nécessitent des investissements importants dépendamment de la capacité du digesteur anaérobie, car elle peut être conçue pour une famille, une communauté ou une municipalité (tableau 3.3). Les analyses économiques révèlent que les coûts d'exploitation et de maintenance limitent sa faisabilité. Pour que ce soit rentable, il nécessite de compléter les revenus en vendant le digestat nutritif comme engrais et de s'assurer que l'échelle de production se fasse sur un territoire aussi grand que possible.

Aussi, puisque la digestion anaérobie est promue par des organisations à but non lucratif, comme la FAO ou des institutions gouvernementales, il est primordial de demander des subventions auprès d'elles. (Kigozi et al., 2014) En effet, en Afrique, la majorité des expériences de méthanisation ont été financées par des bailleurs de fonds internationaux. En revanche, dès que les subventions s'interrompent, les unités implantées déclinent et ne survivent pas par manque de financement auprès des États africains. (Ngnikam et Tawana, 2006)

Tableau 3.3 Coûts d'investissement pour les installations de biogaz dans certains pays africains (tiré de : Amigun et Blottnitz, 2010)

S/N	Plant location	Capacity (m ³)	Year built	Original cost	Original cost (normalised to ENR index 2004) US\$
1	Namibia	4	1999	750 US\$	860
2	Ethiopia	4	2000	554 US\$	618
3	South Africa	5	2002	5000 Rand	504
4	South Africa	5	2003	5000 Rand	685
5	Nigeria	6	1999	763 US\$	874
6	Rwanda	6	2004	1016 US\$	1016
7	Ghana	6	2004	1358 US\$	1358
8	Uganda	6	2004	1005 US\$	1005
9	Burkina Faso	6	2004	1029 US\$	1029
10	Kenya	8	2004	1535 US\$	1535
11	Nigeria	10	2005	4,92,100 Naira	3565
12	South Africa	10	2001	20,000 Rand	2541
13	South Africa	11	2004	23,000 Rand	3487
14	South Africa	11	2004	23,000 Rand	3487
15	South Africa	11	2004	23,000 Rand	3487
16	South Africa	11	2004	23,000 Rand	3487
17	Rwanda	16	2004	2000 US\$	2000
18	Rwanda	16	2004	25,000 US\$	2500
19	Zimbabwe	16	2004	2,212,804 Zim\$	3173
20	Kenya	16	2004	2198 US\$	2918
21	Kenya	16	2004	2793 US\$	2793
22	Ghana	20	2000	7974 US\$	8901
23	Ghana	20	1996	750 US\$	6334
24	Lesotho	31	2004	7132 US\$	7132
25	South Africa	40	2002	97,000 Rand	9784
26	Burundi	50	2002	18,000 US\$	19118
27	Kenya	54	2004	12,176 US\$	12176
28	Rwanda	74	2002	7150,000 RWF	15943
29	Rwanda	74	2003	7,800,200 RWF	15050
31	Rwanda	84	2004	9,188,010 RWF	15,990
30	Ghana	100	1999	39,120 US\$	44,835
32	Kenya	124	2004	26,090 US\$	38,090
33	Rwanda	650	2002	50,870,000 RWF	127,318
34	Rwanda	830	2003	58,086,270 RWF	112,073
35	Rwanda	1000	2004	220,000 US\$	220,000
36	Rwanda	1430	2005	96,466,000 RWF	173,835
37	South Africa	4500	2004	1,671,429 US\$	1,671,429
38	Nigeria	5000	2004	420,000 US\$	420,000

3.5.2 Compostage

Le compostage est une technique de traitement de déchet qui existe depuis des siècles. Ce processus naturel consiste à dégrader de façon aérobie la fraction organique des déchets et à les convertir en un produit stable et riche communément appelé compost (figure 3.1).

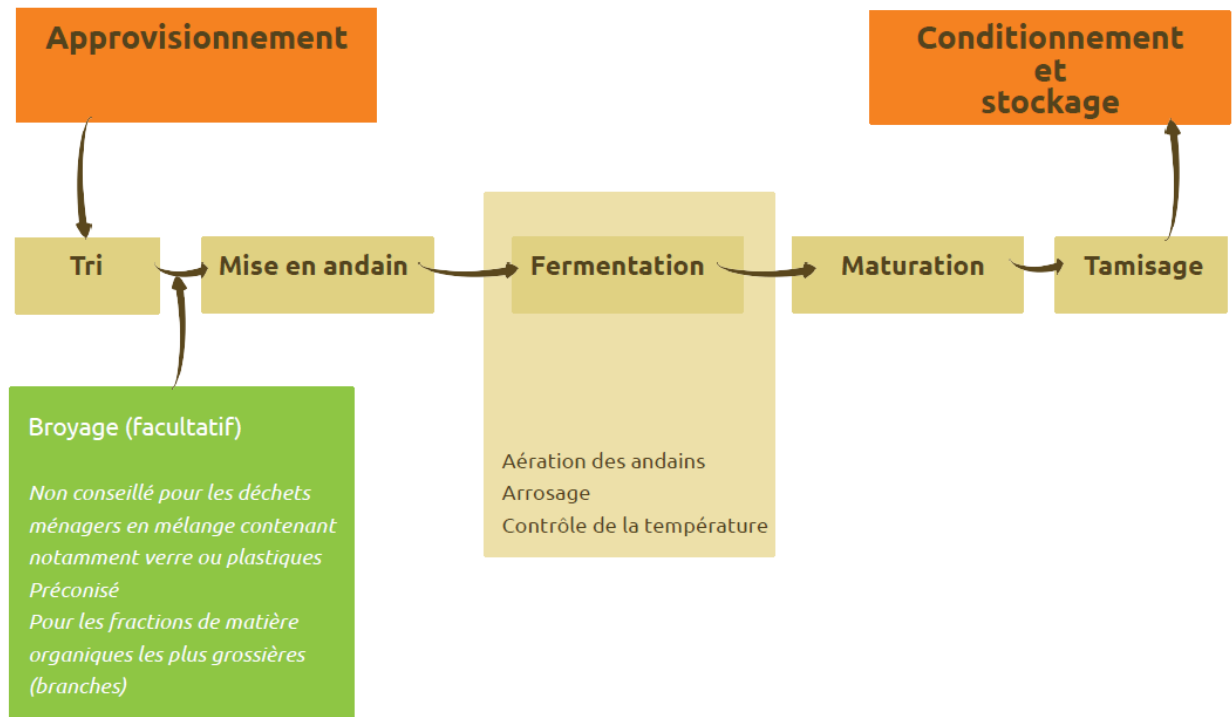


Figure 3.6 Procédés de compostage dans les pays en développement (Bromblet et Somaroo, 2015)

Au départ, lorsque les déchets sont déposés sur le site de traitement, un tri doit être effectué pour séparer les déchets compostables des déchets non compostables. Pour ce faire, différentes méthodes de séparation sont possibles : tri manuel au sol, tri manuel sur table et tri mécanisé avec cribleur. Si le tri n'a pas été effectué en amont, celui-ci peut se faire à la fin du tamisage des déchets pour sauver du temps. Cependant, en l'absence de tri, les volumes de déchets entrants s'étalent sur toute la chaîne du processus et favorisent la présence de déchets dangereux – déchets de soins médicaux, déchets piquants ou coupants et batteries. Par conséquent, cette technique augmente le risque sanitaire vis-à-vis les récupérateurs et réduit la qualité du compost. De plus, la présence de plus grands volumes de déchets nécessite d'avoir de plus grandes surfaces d'exploitation et de plus grosses quantités à manipuler, donc une main-d'œuvre supplémentaire. (Bromblet et Somaroo, 2015)

Après avoir trié les déchets, il est possible de mettre en andain ou en rangée la fraction organique fermentescible des déchets de façon triangulaire, tabulaire ou dans une structure fermée ou non (figure 3.2). Les rangées triangulaires et tabulaires sont davantage utilisées dans les pays en développement, car elles permettent d'économiser l'espace et de procéder aux déplacements des déchets en fermentation grâce à un retourneur d'andains. (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie [ADEME], 2015).

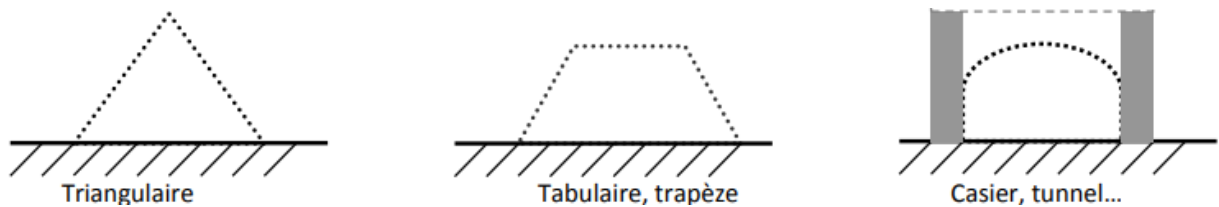


Figure 3.7 Type de fermentation en andain (ADEME, 2015)

Lorsque les déchets sont en andain, le processus de fermentation chaude et de maturation débute. En premier lieu, la fermentation chaude procure une stabilisation et une diminution de la masse des déchets, de telle sorte que les fractions organiques soient dégradables plus facilement. Ensuite, elles seront oxydées par des microorganismes aérobies thermophiles pouvant générer une température de 70 °C. La fermentation chaude s'étire sur plusieurs jours voire des semaines, permettant d'atteindre un taux de dégradation entre 30 et 40 % de la masse pour une réduction d'environ 50 % du volume des déchets. Durant cette étape, il est important de contrôler l'humidité, la température et l'apport d'air en effectuant un retournement ou une insufflation d'air à l'aide d'un tuyau perforé qui traverse l'andain ou encore par un système de ventilation mécanisé. En second lieu, par la maturation, il y aura une modification des caractéristiques de la matière organique résiduelle, afin qu'elles tendent vers un rapport C:N de 25 et ressemblent aux propriétés de l'humus. Ce processus d'humification représente « une dégradation lente de la matière organique, une faible demande en oxygène et une température réactionnelle proche de la température ambiante ». (Olivier, 2016; Lacour, 2012)

Après la maturation du compost, un criblage de la matière permet de retirer les particules non compostables assez grossières qui n'ont pas été éliminées lors du tri préalable. Cela comprend des éléments inertes – gravats, pierres, cailloux et morceaux de verre cassés –, des morceaux de charbon, des particules de bois non biodégradées, ainsi que des plastiques durs et souples. Le criblage peut se faire manuellement ou mécaniquement à l'aide d'un tamis dont les mailles varient entre 10 et 30 mm. Le choix de la maille va influencer le rendement. C'est-à-dire que, plus la maille est grande plus le rendement sera élevé. En revanche, une maille dont la taille est grande peut avoir un impact sur la qualité du compost, en diminuant ou en augmentant la proportion des matières

organiques conservées. Pour terminer, lorsque le compost est prêt, il doit être stocké sur une surface abritée par un toit et ventilé afin de préserver le produit. (Bromblet et Somaroo, 2015)

Types de compostages

Cette section présente les trois types d'installation de compostage : résidentiel, communautaire et industriel.

Compostage artisanal ou résidentiel

Le compostage domestique ou artisanal est un moyen efficace de gérer les déchets de table et de cuisine. Cela réduit la quantité de déchets à collecter chez les ménages et les coûts d'exploitation. La fabrication d'unité de compostage peut se faire à partir de plusieurs matériaux - bois, bambou, briques d'argile et treillis métallique – qui sont disponibles localement (Hoornweg et al., 1999). Le tableau 3.4 présente les méthodes de compostage artisanal implantées dans quelques villes en développement.

Tableau 3.4 Caractéristiques des méthodes artisanales de compostage et lieux d'implantation
(tiré de : Ngnikam et Tanawa, 2006)

Nom de la méthode	Caractéristiques	Points faibles	Lieux d'implantation
Récupération de terreau de déchets	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Tri par tamisage manuel de la matière organique stabilisée ou encore en décomposition 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Pas de tri préalable des déchets ◇ Risque de contamination par les métaux lourds 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Bamako (Mali) ◇ Niamey (Niger) ◇ Cotonou (Bénin) ◇ Kinshasa (Congo)
Compostage en tas	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Tri manuel des fractions non fermentescibles ◇ Formation de tas successifs de 1 à 5 m³ avec retournement périodique 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ N'est pas adapté pour la production à grande échelle ◇ Requiert plus d'espace 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Jakarta (Indonésie) ◇ Lima (Pérou) ◇ Olinda et Peixinhos (Brésil)
Compostage en andains ouverts	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Tri de la fraction non fermentescible ◇ Formation des andains (2 à 3,5 m de large, 1 à 1,8 m de hauteur) ◇ Retournement périodique 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Nécessite un retournement plus fréquent et une main-d'œuvre plus importante 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Porto Novo et Tohoué (Bénin) ◇ Accra (Ghana) ◇ Yaoundé (Cameroun) ◇ Ouagadougou (Burkina Faso)
Compostage en lits	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Ouverture d'une fosse ou construction d'une structure murale sur le sol ◇ Tri des déchets et introduction de la fraction fermentescible dans la fosse 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Requiert plus d'investissement que la méthode en andain 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Louga (Sénégal) ◇ Kano (Nigéria) ◇ Ficksburg (Afrique du Sud) ◇ Guatemala City

Compostage communautaire ou semi-industriel

Le compostage communautaire ou semi-industriel utilise des installations semi-mécanisées en mesure de traiter plus de déchets que les installations artisanales. Décentralisée, cette technique permet aux petits groupes comme les ménages, les établissements commerciaux – marchés ou magasins – et les institutions – écoles et bâtiments gouvernementaux – de composter entre 5 et 50 tonnes de déchets organiques par jour à faible coût. (Hoornweg et al., 1999) Ces installations sont généralement caractérisées par une mécanisation des postes de réception et le transport interne des déchets. Cette technique nécessite une main-d'œuvre importante pour le tri et le retournement manuel des déchets non fermentescibles pendant la fermentation. Le criblage final se fait manuellement ou de façon électrique. (Ngnikam et Tanawa, 2006)

Compostage industriel

Le compostage industriel peut accueillir de 10 tonnes à plus de 500 tonnes par jour (Hoornweg et al. 1999). Contrairement au compostage artisanal et semi-industriel, la fermentation se fait dans un lieu fermé où il est possible de contrôler plusieurs paramètres du compostage. Un mécanisme permet d'effectuer un brassage permanent ou intermittent des déchets.

Avantages du compostage

Actuellement, le compostage n'est pas une panacée aux problèmes de gestion de déchets pour les pays en développement. Pourtant, il est une pierre angulaire du développement durable. Premièrement, c'est un procédé qui permet de réduire près de 60 à 90 % le volume de déchets dans les décharges, et par ricochet réduire les émissions de CH₄. Il est vrai qu'il libère du CO₂, cependant celui-ci opère un processus carboneutre, car la quantité de CO₂ éliminée correspond à celle utilisée par la photosynthèse pour produire cette même matière organique. (Hoornweg et al. 1999; Naquin et Ngnikam, 2012; Olivier, 2020) Aussi, le compost permet d'améliorer la qualité du lixiviat en réduisant les concentrations de DBO et des phénols qui sont des sous-produits de la décomposition de végétaux.

En ce qui a trait aux sols agricoles, le compost représente l'un des meilleurs additifs, car il est absorbé lentement et reste imprégné pour une longue période de temps. Tandis que les engrais chimiques sont utilisés rapidement et de façon incomplète. Bien qu'ils soient en demande, car ils sont faciles à utiliser, stocker et manipuler, les engrais industriels ne permettent pas des rendements végétaux biologiques. (Hoornweg et al. 1999) L'application du compost sur les sols agricoles permet la dépollution naturelle des sols, la survie des organismes fongisseurs qui aèrent la surface du sol, ainsi qu'une symbiose entre les plantes et les microorganismes (Naquin et Ngnikam, 2012).

De plus, le compost favorise l'élimination de certains agents pathogènes et la réduction de certaines maladies – maladie des semis et maladie du flétrissement – ainsi que la sécheresse des plantes en offrant un meilleur enracinement et une meilleure capacité de rétention d'eau. (Hoornweg et al. 1999; Naquin et Ngnikam, 2012). De ce fait, en appliquant du compost sur des sols agricoles, des essais ont démontré que le rendement des cultures s'améliore de 50 à 100 %. En plus d'augmenter les revenus des agriculteurs, le processus de production du compostage crée des emplois, car il y a un besoin en main-d'œuvre. Contrairement aux décharges, le compostage artisanal ou industriel permet de créer 7 fois plus d'emplois par tonne de déchets traités. Sans compter la main-d'œuvre durant la phase d'utilisation du compost dans les champs. Puisque c'est un emploi qui ne nécessite pas une qualification particulière, les possibilités d'embauche chez les jeunes sont élevées. (Naquin et Ngnikam, 2012)

Inconvénients du compostage

Bien que le compostage soit une solution permettant de réduire la quantité de déchets organiques retrouvée dans les décharges, il y a plusieurs inconvénients quant à sa mise en place et son fonctionnement. Selon Naquin et Ngnikam, (2012), à ce jour plusieurs usines de compostage ont dû fermer pour les raisons suivantes : inadéquation des procédés aux spécificités des ordures ménagères; chaîne de traitement complexe lorsque c'est une usine industrielle; manque de soutien de la part des autorités municipales; manque de fonds pour le maintien des équipements; fin d'une subvention en provenance d'une ONG; difficulté de commercialisation du compost; nuisances olfactives nauséabondes; absence d'étude de marché; mévente du compost.

Couts du compostage

Le cout du compostage dépend de l'installation mise en place. En prenant exemple de l'unité de compostage semi-industriel de Bouaké, dont l'objectif est de traité près de 10 000 tonnes de déchets solides par an, pour produire 1600 tonnes de compost, le tableau 3.5 démontre que les investissements peuvent être relativement élevés (Nghahane et al., 2018).

Tableau 3.5 Analyse économique prospective du compostage à Bouaké (tiré de : Nghahane et al., 2018)

	FCFA/an	FCFA/t de déchets traités	FCFA/t de compost produit	Proportion
Dépenses de traitement	163 101 876 (247 915 €)	16 310 (25 €)	101 939 (155 €)	100 %
Charges productives	130 596 000	13 060	81 623	80 %
Charges commerciales	8 445 000	845	5278	5 %
Charges managériales	10 555 000	1056	6597	7 %
Charges administratives	13 505 876	1351	8441	8 %
Recettes de l'activité	90 877 229 (138 133 €)	9088 (14 €)	56 626 (86 €)	56 %
Vente du compost	80 000 000	8000	50 000	49 %
Vente de crédits carbone	10 601 415	1060	6626	7 %
Déficits	72 500 461 (110 201 €)	7250 (11 €)	45 313 (69 €)	44 %
Couts évités	40 583 458 (61 687 €)	4058 (6,2 €)	25 365 (39 €)	25 %
Sur la collecte	22 800 000	2280	14 250	14 %
Sur la mise en décharge	17 780 000	1778	11 115	11 %
Solde final	-31 917 003 (-48 514 €)	-3192 (- 4,9 €)	-19 948 (-30 €)	-19 %

3.5.3 Recyclage par les récupérateurs informels

Selon la Banque mondiale, 1,3 milliard de tonnes de déchets ont été générées par 3 milliards d'habitants urbains en 2011. Elle projette une production de 2,2 milliards de tonnes de déchets par an par 4,3 milliards d'habitants urbains, d'ici 2025, pouvant occasionner des couts de gestion de 376 milliards de dollars. En observant ces chiffres globaux, les pays du Sud sont à plaindre, car la gestion des déchets est un défi qui deviendra de plus en plus important, bien au-delà de la difficulté à y faire face actuellement. Dans les villes en développement, 80 à 90 % du budget attribué à la gestion des déchets sert à la collecte des déchets par le secteur privé. Pourtant la quantité de déchets récupérée demeure faible et la majorité de ceux-ci rejoint des décharges sauvages. (Bodjona et al., 2014) Selon l'ONU-Habitat, le secteur informel gère 50 à 100 % de la collecte des déchets dans les villes en développement, car certaines d'entre elles n'ont pas d'autre forme de collecte des déchets (Woman in Informal Employment Globalizing and Organizing [WIEGO], 2013). En effet, la récupération des matériaux recyclables est faite par des personnes physiques ou morales – petites et très petites entreprises – bien qu'elles ne soient pas reconnues formellement par l'État (Gupta, 2012).

À l'échelle mondiale, près de 24 millions de personnes contribuent au secteur informel du recyclage. Elles sont de loin plus nombreuses que celles du secteur formel, soit 3,7 fois plus au Caire, 1,3 fois à Lima, 0,5 fois à Lusaka, 1,9 fois à Pune et 1,8 fois à Quezón. Selon le réseau TransWast, le secteur informel représente entre 10 à 40 fois plus d'emplois que le secteur formel. (Bodjona et al., 2014) Malgré l'absence de reconnaissance officielle, le secteur informel est un acteur important, car il participe à la collecte, la récupération, au tri, au classement, au nettoyage, au pressage ou au compactage, à la transformation, au stockage, ainsi qu'à la négociation des déchets. (Gupta, 2012; WIEGO, 2013) Contrairement au secteur formel, les récupérateurs informels détournent un pourcentage élevé de déchets (tableau 3.6).

Tableau 3.6 Taux de valorisation des déchets dans six villes par le secteur formel et informel
(tiré de Gupta, 2012)

	Belo Horizonte (Brésil)	Canete (Pérou)	Delhi (Inde)	Dhaka (Bangladesh)	Managua (Nicaragua)	Moshi (Tanzanie)
Tonnage récupéré	145 134	1 412	841 070	210 240	78 840	11 169
Pourcentage récupéré par le secteur formel	0,1 %	1 %	7 %	0 %	3 %	0 %
Pourcentage récupéré par le secteur informel	6,9 %	11 %	27 %	18 %	15 %	18 %

Le secteur informel du recyclage a une structure pyramidale. À la base de celle-ci se trouvent les récupérateurs qui collectent les déchets dans les poubelles, les rues et les décharges à ciel ouvert. En second lieu se situent les repreneurs itinérants qui achètent aux ménages différentes matières comme du plastique, du papier, du verre et du métal pour les vendre après triage. Ensuite, différents intermédiaires tels que des commerçants de détail, des gestionnaires de stock et des grossistes achètent à bas prix les matières recyclables chez les repreneurs itinérants, pour enfin les vendre aux industries qui se retrouvent à la tête de la pyramide. (Gupta, 2012)

De plus, c'est un secteur qui permet de collecter et de recycler des quantités importantes de déchets, afin d'améliorer le taux de recyclage pour un prix particulièrement faible. Près de 15 millions de récupérateurs provenant des groupes sociaux pauvres et marginalisés tentent de générer des revenus pour survivre au quotidien (Gupta, 2012; WIEGO, 2013). À titre d'exemple, dans les pays les moins avancés, les récupérateurs informels ont des revenus entre 1 et 2 \$ par jour (Bodjona et al., 2014). Pourtant, sans ces activités informelles, une quantité importante de déchets n'aurait pas

récupérée et les impacts sanitaires et environnementaux engendrés par la prolifération des déchets seraient plus élevés.

Avantages des récupérateurs informels

Tout d'abord, les récupérateurs informels favorisent la réduction de l'empreinte carbone de deux manières. D'une part, en diminuant l'utilisation de terrains des décharges sauvages, ils contribuent à long terme à la conservation de la biodiversité, du paysage et des sols. D'autre part, ils permettent de réduire les émissions de substances polluantes en provenance des secteurs forestier, minier et manufacturier. Contrairement au secteur formel, le secteur informel permet d'éviter des émissions de GES au lieu d'en produire (tableau 3.7).

Tableau 3.7 Différence d'émissions de GES entre le secteur formel et informel dans six villes
(tiré de : Rojas, 2012)

	Secteur formel		Secteur informel	
Ville	GES (Mt CO ₂ -eq)	Bénéfice des émissions de GES (\$/an)	GES (Mt CO ₂ -eq)	Bénéfice des émissions de GES (\$/an)
Le Caire	1 689 200	22 192 021,28	- 28 900	- 379 092,75
Cluj	103 600	1 769 509,33	- 38 200	- 652 995,80
Lima	448 500	5 892 535,74	- 496 700	- 6 525 586,48
Lusaka	25 800	338 382,97	57 700	757 639,06
Pune	210 600	2 766 352,50	- 295 000	- 3 875 898,92
Quezón	472 800	6 211 246,87	- 249 200	- 3 274 541,70

Ensuite, la récupération informelle permet de réduire la consommation énergétique chez les industries. D'une part, 35 % d'énergie est réduite pour la fabrication du verre, 50 % pour le papier et l'acier, 70 % pour le plastique et 95 % pour l'aluminium. D'autre part, non seulement les industries sont en mesure d'avoir d'onéreuses matières secondaires à faible cout, mais la récupération informelle amoindrit leur cout environnemental, car il n'est pas nécessaire de consommer de l'énergie à partir de ressources non renouvelables lorsque c'est la traction humaine ou animale qui fait le travail. (Rojas, 2012) Environnementalement parlant, le secteur informel contribue beaucoup au nettoyage des rues, des quartiers, des marchés, ainsi que des espaces publics et naturels. Celui-ci permet aussi de réduire la quantité de déchet envoyé dans les décharges sauvages ou les CET.

En ce qui concerne les avantages économiques, les récupérateurs informels en apportent énormément aux autorités urbaines. En premier lieu, les activités du secteur informel du recyclage permettent de diminuer le cout annuel de gestion des déchets. Une étude effectuée sur six villes – Caire, Cluj, Lima, Lusaka et Quezon City – a démontré que lorsque la collecte des déchets se fait de porte-à-porte par les récupérateurs informels, les autorités municipales n'ont plus de couts de

collecte, de transport, ainsi que des frais pour la disposition des déchets par le secteur formel. À cet effet, ces villes font des économies d'environ 53,2 millions de dollars. (Rojas, 2012)

En second lieu, dans cette même étude, les récupérateurs informels permettent aux municipalités d'économiser 780 \$ par travailleur en ce qui concerne les coûts opérationnels du secteur formel, par la diminution du nombre d'embauches de personnel d'entretien. D'ailleurs, la santé publique est aussi impactée positivement. Le ramassage effectué par les récupérateurs informels permet de diminuer l'apparition d'insectes, de vermines et d'animaux charognards pouvant transmettre des maladies hydriques. En effet, sans eux, il y aurait deux fois plus d'incidence de diarrhée et six fois plus d'infections respiratoires aiguës dans les collectivités, car leurs déchets n'auraient pas été collectés. (Rojas, 2012)

Inconvénients des récupérateurs informels

Bien qu'ils aient une contribution enviro-économique importante, socialement parlant les récupérateurs informels font face à de grands risques sanitaires (tableau 3.8). En effet, ils sont exposés à des matières fécales, des résidus toxiques et des déchets biomédicaux, ainsi qu'aux poussières et fumées, car ils n'ont pas d'équipements de protection pour effectuer leur travail. De plus, ils sont assujettis à des maux de dos et d'articulations, des problèmes respiratoires, des infections, des blessures par piqûres, des maux de tête ou encore de l'intoxication par le plomb, car ils sont en contact avec des matériaux contaminés. (Rojas, 2012)

Tableau 3.8 Risques sanitaires pour les récupérateurs informels (tiré de : Rojas, 2012)

Origines des facteurs de risque	Activités comportant un risque	Effets	Symptômes
<ul style="list-style-type: none"> ◇ Composition des déchets ◇ Décomposition de la matière organique 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Expositions aux poussières ◇ Diminution d'oxygène ◇ Exposition aux odeurs 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Maladies pulmonaires 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Maux de tête ◇ Bronchite ◇ Toux
<ul style="list-style-type: none"> ◇ Manipulation des déchets 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Contact avec des lixiviats, de l'eau stagnante 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Infections parasitaires ◇ Infections cutanées 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Diarrhée ◇ Choléra ◇ Trichinose ◇ Dermatite
<ul style="list-style-type: none"> ◇ Traitement des déchets ◇ Disposition des déchets 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Levée de charges lourdes ◇ Pelletage ◇ Accidents 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Blessures musculosquelettiques 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ Problèmes de dos

Les récupérateurs informels doivent surmonter plusieurs défis pour avoir un semblant de revenu chaque jour. D'une part, l'exploitation par les intermédiaires offre des prix relativement bas pour acheter leurs matériaux. D'autre part, sachant qu'un plus grand nombre de villes en développement donnent la gestion des déchets au secteur formel – entreprises privées, locales ou multinationales –

, les récupérateurs informels se voient petit à petit perdre leur place dans ce secteur. Mondialement parlant, les pays tentent de mettre en place des projets écologiques, pourtant, ils vont financer des incinérateurs et des usines de valorisation énergétique des déchets qui vont brûler toutes matières résiduelles, y compris les matières recyclables, et compromettre le travail des récupérateurs informels. (WIEGO, 2013)

En tant qu'individus, les récupérateurs informels voient leur intégrité se faire piétiner par les harcèlements des policiers corrompus, l'exploitation des intermédiaires et la persécution d'extrémistes violents. À titre d'exemple, en 1992, quatre récupérateurs informels sont décédés à la suite d'un massacre envers les individus considérés comme « jetables ». (Rojas, 2012) Cette exclusion sociale fragilise l'estime de soi chez ces individus, car ils appartiennent à des minorités ethniques ou religieuses – Dalits, Noirs en Afrique du Sud, réfugiés vietnamiens au Cambodge, population rurale déplacée en Colombie et chrétiens coptes en Égypte – ou encore ils sont analphabètes (WIEGO, 2013). Cette situation les empêche malheureusement d'avoir un meilleur rang dans la société.

Dans certains cas, les familles se voient dans l'obligation de faire travailler leurs enfants, afin d'augmenter leur revenu familial. En effet, un enfant peut rapporter près de 10 à 50 % des revenus d'un adulte. Par conséquent, ces enfants manquent d'éducation et ne profitent pas de leur jeunesse. Mais encore, ils sont plus vulnérables aux risques sanitaires et aux accidents lors des activités de récupération – décès occasionné par une avalanche de déchets ou un écrasement par camion lorsque celui-ci reculait. (Rojas, 2012)

3.5.4 Centre d'enfouissement technique

Un centre d'enfouissement technique est un moyen de gérer par élimination les déchets qui forment le défi de la majorité des sociétés urbaines. Même dans les sociétés industrialisées qui appliquent la mise en valeur des matières résiduelles selon l'approche 3RV-E, une fraction de déchets ultime subsiste : celle pour laquelle il n'y a pas encore de procédé industriel de recyclage. L'élimination dans un CET, contrairement à une décharge traditionnelle, reçoit les déchets tout en minimisant leurs impacts sur l'environnement. Tout d'abord, le fond du CET doit être étanchéisé au moyen de couches de matériaux imperméables. Deux types de barrières peuvent être installés pour protéger le sol et les nappes phréatiques : les barrières d'étanchéité statiques ou géomembranes en plastique et les barrières dynamiques ou argileuses (Olivier, 2016).

En premier lieu, il y a la mise en place d'une barrière d'étanchéité d'un minimum de 50 cm et une barrière d'argile d'un mètre d'épaisseur, afin de configurer un système de drainage des liquides. La barrière argileuse est réalisée par un compactage de couches successives donnant naissance à des

cellules d'environ 50 à 200 m de largeur. Celles-ci sont traversées longitudinalement par un fossé où le drain principal sera installé. Pour que le tout soit fonctionnel, des pentes de 2 à 5 % doivent être présentes le long du fossé afin de faciliter l'écoulement des liquides et la pose de drains secondaires. (Thonart et al., 2005)

Pour augmenter l'isolation de la barrière d'étanchéité, une géomembrane de 2 mm en polyéthylène, ainsi que d'autres matériaux synthétiques tels que les géotextiles et les géocomposites sont installés (Thonart et al., 2005). Le CET est muni d'équipements de pompes qui transportent le lixiviat en dehors du site pour éviter le colmatage des systèmes de drainage et la rupture des systèmes d'étanchéité. Il doit pouvoir collecter les gaz qui s'y forment. Pour ce faire, des systèmes de canalisation de biogaz sont liés à des pompes qui les acheminent vers une station de traitement, car le biogaz produit dans un CET a des composantes inflammables. (Thonart et al., 2005) En ce qui concerne les déchets eux-mêmes, après les avoir modelés en cellule quotidienne, ils doivent être recouverts de terre ou d'un matériau inerte en fin de journée, bloquant ainsi l'accès aux vermines (Péquin, 2014).

Avantages du CET

Un CET est avantageux à deux niveaux. D'une part, son implantation doit se faire en respectant la réglementation en vigueur, et ce par l'obtention d'une autorisation administrative à la suite d'une étude impact afin de connaître tous les dangers possibles qui peuvent affecter la qualité de l'environnement et celle des populations. D'autre part, un CET a la capacité de stocker tous types de déchets pendant une période de 30 ans.

Inconvénients du CET

L'implantation d'un CET a plusieurs inconvénients. En premier lieu, c'est une infrastructure qui nécessite énormément d'espace. Sa construction demande de détruire des habitats naturels. Aussi, puisqu'il produit du biogaz et du lixiviat, s'il y a un arrêt des systèmes de dépollution du CET, le lixiviat et le biogaz s'accumulent et peuvent devenir dangereux. (Péquin, 2014) En ce qui concerne le lixiviat, il peut contaminer l'eau de surface et souterraine des milieux environnants par manque de contrôle ou de traitement.

À son tour, constitué d'environ 40 % du CH_4 , le biogaz peut émaner dans l'atmosphère ou son action comme gaz à effet de serre devient dangereuse pour l'environnement. Non seulement il a des effets sur le réchauffement planétaire, mais en quantité suffisante le CH_4 inflammable peut aussi devenir explosif. D'autre part, la présence d'éthylmercaptop, de méthylmercaptop et de H_2S peut occasionner des odeurs nauséabondes pouvant être une nuisance olfactive pour les résidents avoisinants. (Péquin, 2014)

En ce qui a trait au transport des déchets jusqu'au site du CET, celui-ci se fait souvent sur de longs trajets, alors les camions de collecte contribuent à la pollution atmosphérique par la consommation de diésel. En effet, ils émettent des GES directs comme du CO₂ et du CH₄ et indirects comme du CO, des NO_x, du SO₂, des COV, des particules solides, de l'ozone, ainsi que des HAP. (Péquin, 2014) En outre, la mise en place et le fonctionnement d'un CET nécessitent d'embaucher des personnes qualifiées, ce qui ajoute une main-d'œuvre assez dispendieuse pour un pays en développement.

Cout du CET

L'implantation d'un CET dépend du pays dans lequel il est installé, de la quantité de déchets collectés, de la distance entre le CET et le lieu de collecte. Le tableau 3.9 rapporte les couts d'installation d'un CET dans un pays plus ou moins humide.

Tableau 3.9 Exemple de calcul du cout global de l'aménagement et la gestion d'un CET (tiré de : Thonart et al., 2005)

Nature des éléments d'analyse	Unité	Cout global d'un pays +/- humide
Étude de base	Euros	640 200
Acquisition et préparation du site	Euros	947 130
Aménagement et réhabilitation du CET	Euros	10 084 458
Total	Euros	11 671 788
Gestion quotidienne du CET	Euros/an	2 718 603
Postgestion du CET	Euros/an	161 406
Postgestion du CET (après 30 ans)	Euros/an	92 268

Note : Cas d'un CET de 5 hectares de superficie implantée dans une zone climatique tempérée à humide (colonne « +/- humide ») dont la hauteur de déchets varie de 10 à 20 m et les intrants journaliers varient de 500 à 2000 tonnes de déchets. Les quantités présumées pour chacun des postes sont exprimées selon l'unité relative (colonne « Unité »).

4 ANALYSE DE L'APPLICABILITÉ DES SOLUTIONS AU CONTEXTE DE LIBREVILLE

Le chapitre ci-présent propose l'utilisation d'une analyse multicritère pour évaluer lesquelles des solutions, présentées au chapitre précédent, peuvent être appliquées à Libreville. Bien qu'elles soient toutes intéressantes, certaines solutions ne peuvent pas forcément s'implanter dans la capitale du Gabon pour plusieurs raisons. À cet effet, l'analyse multicritère, qui est un outil fréquemment utilisé dans la prise de décision, sera réalisée à partir de différents critères et différentes pondérations attribuées à chaque critère. À noter que cette analyse a été inspirée de l'essai de Paquet (2015) et de Wong (2018).

4.1 Description et justification du choix des critères

La présente section fait une description et une justification des critères choisis pour réaliser cette analyse multicritère. Au compte de dix, ces critères sont répartis en quatre dimensions, soit environnement, social, économique et technique (tableau 4.1)

Tableau 4.1 Critères de l'analyse multicritère

Dimensions	Critères
Environnement	Qualité de l'environnement
	Aspect visuel du territoire
	Impact du changement
Social	Acceptabilité sociale
	Création locale d'emploi
	Commodité pour les habitants
Économique	Rentabilité des coûts
	Coût d'investissement
	Coût d'exploitation
Technique	Facilité d'implantation

4.1.1 Dimension environnementale : qualité de l'environnement

La gestion des déchets a des impacts importants sur plusieurs aspects de l'environnement, tels que l'air, l'eau et le sol. Étant un enjeu d'actualité, la qualité de l'environnement est un critère à prendre en considération, car il est souhaitable que l'implantation d'un nouveau système de gestion des déchets y apporte des retombées positives.

4.1.2 Dimension environnementale : impact visuel

Si un nouveau projet vient affecter l'aspect visuel du territoire, ce critère doit être pris en considération, car il permet de savoir si l'infrastructure mise en place encombre le milieu ou non. À cet effet, si un projet impacte négativement l'aspect visuel du territoire, cela peut constituer un frein à son acceptation auprès des populations locales, bien qu'il puisse apporter des améliorations dans la gestion des déchets.

4.1.3 Dimension environnementale : impact du changement

L'impact du changement est un critère qui quantifie les améliorations d'un système de gestion de déchets en évaluant sa récupération, son tri ou ses coûts de gestion. Ce critère permet de voir s'il y a eu des améliorations effectives sur le territoire. À cet effet, lorsque l'impact du changement est positif, il s'opère une augmentation du taux de récupération et de tri, ainsi qu'une diminution des coûts de gestion. Dans le cas contraire, le système de gestion des déchets en place risque de stagner, voire s'empirer.

4.1.4 Dimension sociale : acceptabilité sociale

Lorsque les élus gouvernementaux souhaitent effectuer des changements dans leur système de gestion des déchets, il s'avère que l'acceptabilité sociale peut empêcher la mise en place d'un projet. En effet, si les populations considèrent qu'elles seront affectées négativement par les changements apportés, les probabilités que le projet soit implanté seront faibles. À l'inverse, l'acceptabilité sociale sera élevée et favorisera le potentiel de réussite du projet. C'est dans ce contexte qu'il est important de prendre en compte ce critère pour effectuer cette analyse multicritère.

4.1.5 Dimension sociale : création locale d'emploi

La création d'emploi est un critère important dans la gestion des déchets, car dans la majorité des pays en développement les populations locales ont soif de travail, puisqu'elles doivent répondre à leurs besoins essentiels, soit se vêtir et se nourrir. Deux choses doivent être prises en considération pour ce critère. L'implantation d'une nouvelle infrastructure doit offrir un certain nombre d'emplois qui privilégient les populations locales. Dans ce contexte, les décideurs seront portés à accepter sa mise en place, car le prix de la main-d'œuvre locale est faible. À contrario, si la majorité des emplois demandent des formations spécialisées et sont offerts aux employés internationaux, les décideurs seront moins portés à accepter ce projet vu le coût de la main-d'œuvre.

4.1.6 Dimension sociale : commodité pour les habitants

Lorsqu'un changement est apporté dans une société, l'un des éléments à prendre en considération est la facilité d'adaptation et d'application des populations à celui-ci. C'est-à-dire qu'il faut que tout individu soit en mesure de vivre dans son quotidien sans ressentir qu'il y a de grands changements

dans sa routine – temps, argent et déplacement – qui l’empêchent d’adopter de nouvelles pratiques. En gestion des déchets, les citoyens sont un acteur important, car ils peuvent influencer la performance et les résultats finaux d’un nouveau système de gestion des déchets. C’est pour ces raisons que ce critère a été retenu.

4.1.7 Dimension économique : coûts d’investissement

L’implantation d’une nouvelle infrastructure dépend des coûts d’investissement. En effet, il est fort probable que si elle nécessite des coûts très élevés, les élus gouvernementaux auront tendance à avoir une réponse négative, car ils ne veulent pas mettre en péril leur portemonnaie. À contrario, si les coûts d’investissements de cette infrastructure concordent avec leurs ressources financières, il est plausible qu’elle soit mise en place. C’est dans ce contexte que ce critère doit être pris en compte.

4.1.8 Dimension économique : coûts d’exploitation

Les coûts d’exploitation se penchent sur la continuité du fonctionnement de l’infrastructure mise en place. Il peut avoir des installations dont les coûts d’investissement sont faibles, mais dont les coûts d’exploitation sont très élevés. Les coûts d’exploitation incluent tout ce qui concerne les frais d’opération et de maintenance. À titre d’exemple, l’utilisation du carburant pendant la collecte, le remplacement d’équipement ou encore les frais de réparation pendant le traitement. À cet effet, si les coûts d’exploitation sont trop dispendieux, les chances de mettre en place le projet seront moindres.

4.1.9 Dimension économique : rentabilité des coûts

La rentabilité des coûts représente les profits reçus à la suite d’un investissement. En gestion des déchets, les objectifs des élus gouvernementaux sont de réduire les coûts de gestion, par exemple au niveau de l’exportation des déchets valorisables – tant et aussi longtemps que le taux de récupération augmente –, de la collecte ou du transport des déchets vers les décharges sauvages. Dans ce cas, un projet qui permet de faire des investissements rentables aura une note élevée.

4.1.10 Dimension technique : facilité d’implantation

Le critère ci-présent permet de savoir si un projet peut être facilement ou difficilement être applicable au niveau technique. Pour n’importe quel décideur, il est primordial que la mise en place d’un nouveau système de gestion soit facile et réaliste. À titre d’exemple, si le projet nécessite de déplacer des populations, car il a besoin de grandes superficies, les chances qu’il soit sélectionné seront faibles. En d’autres mots, plus le projet est complexe au niveau technique, plus les probabilités qu’il fasse partie des choix des décideurs seront inexistantes.

4.2 Analyse multicritère

Outil préconisé dans les prises de décisions, la présente analyse multicritère se fera en deux étapes. D'une part, il est question d'effectuer une pondération des critères énumérés à la section précédente. D'autre part, une note est appliquée à chaque solution en fonction de son effet sur l'un de ces critères. Ensuite, à l'aide d'une multiplication, la pondération est appliquée sur la note. Pour finir, une note finale est attribuée en calculant la somme des notes pour chaque critère.

4.2.1 Pondération des critères

Cette analyse nécessite qu'une pondération soit effectuée pour chaque critère, car ils ne sont pas impartiaux. En effet, certains d'entre eux ont un impact plus important que d'autres dans la prise de décisions. Pour ce faire, trois pondérations ont été attribuées. Une pondération de 1 pour les critères qui n'ont aucune influence sur la prise de décision, mais représente un atout à la prise de décision. Une pondération de 2 pour les critères qui peuvent influencer le processus décisionnel, mais ils ne représentent pas un argument probant. Pour terminer, une pondération de 3 pour les critères qui influencent fortement le processus décisionnel.

Tableau 4.2 Description de l'échelle de pondération des critères

Pondération	Description
1	Ce critère n'influence pas le processus décisionnel, mais il est un atout à la prise de décision
2	Ce critère peut influencer le processus décisionnel, mais il n'est pas probant à la prise de décision
3	Ce critère influence fortement le processus décisionnel

Pour chaque critère sélectionné, celui ayant une pondération de 1 est la création locale d'emploi, car c'est un atout à la prise de décision. Cependant, il ne représente pas un aspect qui serait pris en compte par les élus gouvernementaux.

Les critères dont la pondération est de 2 sont l'aspect visuel du territoire et l'acceptabilité sociale. Ils ont été pondérés à cette échelle pour les raisons suivantes. D'une part, l'aspect visuel peut influencer les décisions, car il va de pair avec la qualité de l'environnement. D'autre part, ce critère peut influencer le processus décisionnel, lorsque la population se lève pour exprimer son désaccord et ses inquiétudes vis-à-vis d'un projet. Des manifestations ou des pétitions se produisent, car aucune consultation n'est organisée pour connaître l'opinion publique à ce sujet.

Pour terminer, les critères pondérés à 3 sont la qualité de l'environnement, l'impact du changement, la commodité pour les habitants, la rentabilité des couts, le cout d'investissement, le cout

d'exploitation et la faisabilité technologique. Cette échelle de pondération détient le plus de critères, car ils peuvent affecter fortement le processus décisionnel des élus gouvernementaux. En effet, il est important que le projet n'ait pas un impact financier négatif sur le budget dédié à la gestion des déchets et qu'il soit applicable de façon simple et efficace dans le but d'obtenir des bénéfices environnementaux et sociaux positifs.

4.2.2 Pointage attribué aux innovations en fonction des critères

Après avoir déterminé la pondération pour tous les critères, ceux-ci seront utilisés afin d'évaluer toutes les solutions. Pour ce faire, un pointage allant de 0 à 3 sera attribué à chaque solution, en fonction de chaque critère. Ainsi, la pondération appliquée sur chaque critère sera multipliée par la note attribuée à la solution qui lui correspond. La note finale sera une simple addition des points cumulés pour chaque solution. Le tableau 4.3 explique la signification de l'échelle de pointage.

Tableau 4.3 Signification de l'échelle de pointage

Pointage	Signification
0	Aucun impact
1	Faible
2	Moyen
3	Élevé

4.2.3 Limite

Étant donné que la commune sur laquelle porte cette analyse a plusieurs disparités, il est à prendre en considération que les solutions qui ressortiront ne peuvent pas s'appliquer sur l'ensemble du territoire, mais bien à des échelles différentes – village, rural, urbain –, en fonction de l'accessibilité et du degré de sensibilisation de la population.

Pour effectuer l'analyse, en premier lieu, les notes attribuées à chaque solution, pour chaque critère, sont présentées au tableau 4.4. En second lieu, les notes bonifiées à l'aide des pondérations sont présentées au tableau 4.5.

Tableau 4.4 Analyse multicritère brute

<div> <div>Solutions</div> <div>Critères</div> </div>	Cadre politique			Moyen incitatif et dissuasif		Précollecte des déchets ménagers		Collecte des déchets ménagers		Mécanismes de traitement des déchets ménagers			
	Organisation administrative	Politique nationale	FBR	ISÉ	Bannissement	Points de regroupement	PAV	Déchèterie	Centre de transfert	Biométhanisation	Compostage	Recyclage par les récupérateurs informels	CET
Environnement													
Qualité de l'environnement	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3	2
Aspect visuel	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Impact du changement	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2
Social													
Acceptabilité sociale	0	0	0	3	1	3	3	3	2	3	3	3	2
Création locale d'emploi	1	1	2	2	0	3	3	3	3	1	3	3	1
Commodité pour les habitants	1	0	0	3	1	2	2	1	1	1	2	3	0
Économique													
Couts d'investissement	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1
Couts d'exploitation	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1	2	2	1
Rentabilité des couts	3	3	2	1	3	1	1	1	2	2	2	3	1
Technique													
Faisabilité	2	3	2	3	2	2	3	2	1	1	2	3	1

Tableau 4.5 Analyse multicritère pondérée

		Cadre politique			Moyen incitatif et dissuasif		Précollecte des déchets ménagers		Collecte des déchets ménagers		Mécanismes de traitement des déchets ménagers				
<div>Solutions</div> <div>Critères</div>		Pondération	Organisation administrative	Politique nationale	FBR	ISÉ	Bannissement	Points de regroupement	PAV	Déchèterie	Centre de transfert	Biométhanisation	Compostage	Recyclage par les récupérateurs informels	CET
Environnement															
Qualité de l'environnement	3	6	6	9	9	9	6	9	6	6	6	6	6	9	6
Aspect visuel	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Impact du changement	3	9	6	9	6	9	9	9	9	6	6	6	6	9	6
Social															
Acceptabilité sociale	2	0	0	0	6	2	6	6	6	4	6	6	6	6	4
Création locale d'emploi	1	1	1	2	2	0	3	3	3	3	1	3	3	3	1
Commodité pour les habitants	3	3	0	0	9	3	6	6	3	3	6	6	6	9	0
Économique															
Couts d'investissement	3	6	6	9	6	6	6	6	3	3	3	6	6	6	3
Couts d'exploitation	3	0	0	0	0	0	6	6	6	3	3	6	6	6	3
Rentabilité des couts	3	9	9	6	3	9	3	3	3	6	6	6	6	9	3
Technique															
Faisabilité	3	6	9	6	9	6	6	9	6	3	3	6	6	9	3
TOTAL		40	37	41	50	44	53	69	47	39	39	53	53	68	31

4.3 Explication des notes attribuées

La présente section permet de comprendre les raisons pour lesquelles chaque solution a reçu un certain pointage.

4.3.1 Dimension environnementale

La dimension environnementale couvre trois critères, soit la qualité de l'environnement, l'aspect visuel et l'impact du changement.

Qualité de l'environnement

Au niveau de la qualité de l'environnement, le FBR, l'ISÉ, le bannissement, le PAV et le recyclage par les récupérateurs informels sont les solutions qui peuvent apporter des changements positifs. Ce sont des solutions qui favorisent l'éducation et la sensibilisation des populations au sujet des impacts environnementaux occasionnés par les déchets et permettent de développer un changement de comportement chez les habitants. C'est pour cette raison qu'ils ont obtenu la note de 3.

S'ensuivent l'organisation administrative, la politique nationale, le point de regroupement, la déchèterie, le centre de transfert, la biométhanisation, le compostage et le CET avec une note de 2. Autant ils apportent des améliorations à l'environnement, ils peuvent aussi avoir des impacts négatifs sur celui-ci. À titre d'exemple, le CET permet d'éliminer les déchets dans une infrastructure plus contrôlée qu'une décharge à ciel ouvert, mais puisque son implantation demande de grands espaces, il nécessite de détruire certains milieux naturels.

Aucune note de 0 et 1 n'a été attribuée.

Aspect visuel

L'aspect visuel est négativement affecté par huit solutions : le point de regroupement, le PAV, la déchèterie, le centre de transfert, la biométhanisation, le compostage, le recyclage par les récupérateurs informels et le CET. En effet, ces infrastructures ne favorisent pas l'aspect visuel de leur lieu d'installation. À titre d'exemple, le recyclage par les récupérateurs informels cause la création spontanée de lieux de stockage à travers le territoire. À cet effet, toutes ces solutions obtiennent une note de 1.

Les autres solutions, soit l'organisation administrative, la politique nationale, le FBR, l'ISÉ et le bannissement ont obtenu une note de 0, puisqu'elles n'ont aucune incidence sur l'aspect visuel.

Aucune note de 3 et de 2 n'a été attribuée.

Impact du changement

Axés sur les améliorations quantifiables de la gestion des déchets, l'organisation administrative, le FBR, le bannissement, le point de regroupement, le PAV, la déchèterie, le recyclage par les récupérateurs informels sont les solutions ayant obtenu une note de 3, car leur applicabilité permet d'apporter une amélioration sur le taux de récupération, le tri et les coûts de gestion.

S'ensuivent, la politique nationale, l'ISÉ, le centre de transfert, la biométhanisation, le compostage et le CET avec une note de 2. Toutes ces solutions apportent des améliorations au niveau de la récupération, du tri ou des coûts de gestion, mais ne permettent pas d'offrir ces trois éléments en même temps. À titre d'exemple, la politique nationale et l'ISÉ n'engendrent pas une réduction des coûts de gestion.

Aucune note de 0 et de 1 a été attribuée.

4.3.2 Dimension sociale

La dimension sociale couvre trois critères, l'acceptabilité sociale, la création d'emploi, la commodité pour les habitants. Cette dimension met de l'avant des critères pouvant affecter la qualité de vie des populations, de près ou de loin, par la mise en place d'un nouveau projet.

Acceptabilité sociale

Parmi les trois critères de la dimension sociale, l'acceptabilité sociale est l'un des critères poignants qui peuvent mettre un frein à la mise en place d'un projet. Sur treize solutions, sept d'entre elles favorisent grandement l'acceptabilité sociale. Il s'agit de l'ISÉ, du point de regroupement, du PAV, de la déchèterie, de la biométhanisation, du compostage et du recyclage par les récupérateurs informels. Une note de 3 leur a été attribuée. D'une part, ce sont des solutions qui tentent d'intégrer la participation citoyenne dans la gestion des déchets. D'autre part, ce sont des solutions pouvant être facilement acceptées par la population, car en bout de ligne il y a plus d'impacts positifs que négatifs.

S'ensuivent le centre de transfert et le CET avec une note de 2, car ce sont des solutions qui ont des avantages de façon générale sur la gestion des déchets. Cependant, la population n'est pas directement touchée par le rendement de ceux-ci.

Les solutions ayant obtenu une note de 0 sont l'organisation administrative, la politique nationale et le FBR, car elles n'ont aucune influence sur l'acceptabilité sociale.

Aucune note de 1 n'a été attribuée.

Création locale d'emploi

En ce qui concerne la création locale d'emploi, le point de regroupement, le PAV, la déchèterie, le centre de transfert, le compostage et le recyclage par les récupérateurs informels ont obtenu une note de 3. Ce sont des solutions pouvant offrir des emplois aux communautés locales puisqu'elles ne doivent pas forcément détenir des formations professionnelles pour être qualifiées à travailler. Et ce, à long terme.

Une note de 2 a été attribuée à l'ISÉ et au FRB, car ces solutions permettent de créer de l'emploi pour les populations locales, mais à moyen terme.

Une note de 1 a été attribuée à l'organisation administrative, politique nationale, la biométhanisation et le CET. Les raisons de ces notes sont les suivantes : d'une part, les deux premières solutions offrent des emplois à court terme, d'autre part, les deux autres offrent des emplois techniques qui ne correspondent pas forcément au profil professionnel des populations locales.

Le bannissement est la seule solution qui a obtenu une note de 0, car elle n'a aucune incidence sur ce critère.

Commodité pour les habitants

Deux solutions permettent à la population de s'adapter facilement si un changement est apporté à la gestion des déchets. Il s'agit de l'ISÉ et le recyclage par les récupérateurs informels. En effet, l'ISÉ apporte les outils afin de mettre en application un meilleur tri et les récupérateurs informels récupèrent les déchets directement auprès des ménages.

Le point de regroupement, le PAV et le compostage ont obtenu une note de 2, car ce sont des solutions qui sont déjà dans les mœurs des populations.

L'organisation administrative, le bannissement, la déchèterie, le centre de transfert et la biométhanisation ont obtenu une note de 1, car elles peuvent affecter le mode de vie des populations. Le bannissement des plastiques peut amener les populations à développer la vente illégale de sacs plastiques. La déchèterie n'est pas forcément accessible à tout le monde, car les personnes moins nanties n'ont pas de véhicules. L'emplacement d'un nouveau centre de transfert peut engendrer le déplacement des points de regroupement. Bien qu'il soit à domicile, la biométhanisation demande d'effectuer plusieurs étapes pour que le résultat soit efficient. Ou encore, par la réglementation, la nouvelle organisation administrative peut imposer des changements qui ne sont pas commodes pour la population.

La politique nationale, le FBR et le CET ont obtenu une note de 0, car elles n'ont aucune incidence sur ce critère.

4.3.3 Dimension économique

Les critères faisant partie de la dimension économique sont les couts d'investissement, les couts d'exploitation et la rentabilité des couts.

Couts d'investissement

La seule solution qui a une note de 3 est le FBR. C'est un financement qui permet de développer de nouveaux projets dans le but d'optimiser le système de gestion des déchets en place.

La note de 2 a été attribuée à l'organisation administrative, à la politique nationale, à l'ISÉ, au bannissement, au point de regroupement, au PAV, au compostage et au recyclage par les récupérateurs informels, car ça dépend du type d'infrastructure que les élus gouvernementaux désirent mettre en place. Aussi, l'investissement diffère en fonction de l'échelle du territoire. C'est-à-dire, un village, une zone rurale ou une zone urbaine.

La note de 1 a été attribuée à la déchèterie, au centre de transfert, à la biométhanisation et au CET, car ils demandent énormément d'investissements pour leur mise en place, à cause des infrastructures et de l'espace requis.

Aucune note de 0 n'a été attribuée.

Couts d'exploitation

Aucune note de 3 n'a été attribuée, car aucune solution ne réduit les couts d'exploitation.

Par ailleurs, la note de 2 a été attribuée au point de regroupement, au PAV, à la déchèterie, au compostage et au recyclage par les récupérateurs informels, car les couts du matériel et des équipements nécessaires au fonctionnement de ces solutions sont abordables.

À contrario, le centre de transfert, la biométhanisation et le CET demandent des couts d'exploitation dispendieux pour les opérations, la maintenance et le changement des équipements. Alors ils ont obtenu une note de 1.

La note de 0 a été attribuée à l'organisation administrative, la politique nationale, le FBR, l'ISÉ et au bannissement, car ces solutions n'ont aucune incidence sur ce critère.

Rentabilité des couts

Les solutions très rentables sont l'organisation administrative, la politique nationale, bannissement et le recyclage par les récupérateurs informels, puisque ça apporte des économies aux gouvernements à court terme. À cet effet, ils ont obtenu une note de 3.

La note de 2 a été attribuée au FBR, au centre de transfert, à la biométhanisation et au compostage, car le retour d'investissement se fait à moyen terme.

La note de 1 a été attribuée à l'ISÉ, au point de regroupement, au PAV, à la déchèterie et au CET, car ils apportent un retour d'investissement indirect. À titre d'exemple, à travers l'ISÉ il y aura une augmentation de tri chez les ménages qui par ricochet va engendrer une réduction des couts d'élimination.

Aucune note 0 n'a été attribuée.

4.3.4 Dimension technique : faisabilité

Quatre solutions peuvent être facilement implantées. Il s'agit de la politique nationale, l'ISÉ, le PAV, et le recyclage des récupérateurs informels. À cet effet, elles ont obtenu la note de 3.

Six solutions ont obtenu la note de 2, soit l'organisation administrative, le FBR, le bannissement, le point de regroupement, la déchèterie et le compostage, car elles nécessitent une logistique qui peut demander quelques ajustements et du temps.

Trois solutions ont obtenu la note de 1, soit le centre de transfert, la biométhanisation et le CET, car elles peuvent demander des modifications importantes pour être implantées adéquatement.

Aucune note de 0 n'a été attribuée.

4.4 Discussions des résultats

À la suite de l'analyse multicritère ci-dessous, la section présente fait un topo des résultats obtenus, en vue de proposer des recommandations pertinentes au contexte de Libreville.

Parmi les solutions du cadre politique, une seule solution se démarque. Il s'agit du FBR avec un total de 41 points. Les autres solutions, soit l'organisme administratif et la politique nationale ont obtenu une note de 40 et 37 points, respectivement. Contrairement aux autres solutions, le FBR apporte plus de bénéfice au niveau des couts d'investissement, car c'est un financement qui est offert afin de mettre en place des actions concrètes pour optimiser la gestion des déchets. De plus, au niveau

environnemental, cette solution a plus d'impact positif sur la qualité de l'environnement et sur l'impact du changement. En effet, grâce à ce financement, il est possible d'améliorer le service de collecte, en augmentant les fréquences de collecte, en réduisant les débordements de déchets dans les PAV et en éliminant la présence de déchets en bordure de route. Au niveau social, bien qu'il n'ait aucune incidence sur l'acceptabilité sociale et la commodité pour les habitants, le FBR permet toutefois de créer de l'emploi à travers plusieurs projets pilotes. Étant donné que c'est un financement basé sur les résultats, cette solution permettrait à Libreville d'être de plus en plus indépendante au fil des ans.

En ce qui concerne le moyen incitatif et dissuasif, il résulte que le moyen incitatif est celui qui prend le dessus avec une note totale de 50 points contre 44 points pour le moyen dissuasif. Les points qui devancent l'ISÉ par rapport au bannissement sont au niveau social et technique. D'un côté, l'ISÉ facilite l'acceptabilité sociale par le volet éducatif, permet la création d'emploi et rend l'accès à l'information commode pour les habitants. De l'autre côté, il est beaucoup plus facile d'implanter cette solution que le bannissement, car l'information est déjà disponible. Il faut simplement la transmettre aux acteurs concernés par des moyens assez communs comme des fiches, des conférences et des activités d'apprentissage.

Deux solutions ont été sélectionnées pour la précollecte des déchets ménagers. Il s'agit du point de regroupement et du PAV. Le PAV est la solution qui se démarque avec un pointage total de 69 points, tandis que le point de regroupement a un pointage total de 53 points. Le PAV assure plus d'avantage sur la qualité de l'environnement et la faisabilité. En effet, cette solution permet d'augmenter le tri des déchets et de mettre en place une infrastructure simple. D'ailleurs les critères sur lesquelles le PAV a plus d'avantages que le point de regroupement sont importants, car ils ont une pondération de 3. Ce qui porte à croire que cette solution peut avoir un impact positif sur le processus décisionnel des élus gouvernementaux.

La collecte de déchet à son tour peut être améliorée soit par la déchèterie ou le centre de transfert. D'après les résultats, la déchèterie serait avantageuse, car elle a obtenu une note totale de 47. Tandis que le centre de transfert a reçu une note de 39. Là où ça se joue, c'est au niveau de l'impact du changement, de l'acceptabilité sociale, du coût d'exploitation et de la faisabilité. En premier lieu, grâce à la déchèterie, il est possible d'effectuer une augmentation du tri des produits ménagers qui ne sont pas récupérés par la collecte sélective, comme les déchets inertes. En second lieu, l'acceptabilité sociale serait plus forte, car cette solution a un impact positif direct sur les besoins des citoyens. À contrario, le centre de transfert est axé sur la réduction des coûts de gestion des déchets par les communes. En troisième lieu, ses coûts d'exploitation sont plus faibles que le centre de transfert, car les équipements peuvent être remplacés à moindre coût. Finalement, cette solution est plus facile à mettre en place que le centre de transfert, car sa logistique est plus simple.

Enfin, parmi les solutions concernant les mécanismes de traitement des déchets ménagers, le recyclage par les récupérateurs informels a eu la note la plus élevée avec 68 points. Le compostage s'ensuit avec 53 points, la biométhanisation avec 39 points et le CET avec 31 points. Les critères qui ont démarqué le recyclage pour les récupérateurs informels sont la qualité de l'environnement, l'impact du changement, la commodité pour les habitants, la rentabilité des coûts et la faisabilité. Au niveau de la qualité de l'environnement et de l'impact du changement, cette solution apporte de nombreux impacts positifs comme la réduction des GES, le nettoyage des rues et la réduction de la quantité de déchets envoyée dans les décharges à ciel ouvert. Au niveau économique, cette solution permet aux villes de réduire les coûts de gestion des déchets. Finalement, si le recyclage par les récupérateurs informels est reconnu par l'État comme une profession, c'est une solution qui est facile à implanter sur le territoire.

En somme, la solution qui se démarque de toutes celles qui ont été proposées est le PAV avec une note de 69. S'ensuivent, le recyclage par les récupérateurs informels avec une note de 68, le point de regroupement et le compostage avec une note de 53 chacune, ainsi que l'ISÉ avec 50 points. À la suite des résultats obtenus, ces solutions seront recommandées au chapitre suivant, en fonction du contexte et des besoins réels de la commune de Libreville.

5 RECOMMANDATIONS

Le chapitre présent a pour objectif d'émettre des recommandations à la capitale gabonaise, afin qu'elle puisse entamer une meilleure gestion durable de ses déchets ménagers. Les recommandations concernent principalement l'État gabonais, le ministre chargé de l'environnement et la commune de Libreville. Bien évidemment, la réussite de ces recommandations dépend de la volonté de l'État et des parties prenantes concernées à s'investir financièrement et à adopter ces changements.

5.1 Recommandations à l'attention de l'État gabonais

L'analyse multicritère démontre que le secteur informel du recyclage pourrait jouer un rôle positif sur la gestion des déchets. Étant donné que c'est l'État gabonais qui promulgue les lois et les règlements, la recommandation ci-dessous lui est directement adressée.

◇ Réglementer l'intégration du secteur informel du recyclage dans la gestion des déchets

À Libreville, la récupération des déchets valorisables par les récupérateurs informels est une pratique connue de tous, par ailleurs elle n'est pas reconnue comme une profession aux yeux de l'État gabonais. Pourtant, le recyclage par les récupérateurs informels participe positivement à la gestion des déchets dans les pays en développement et offre à plusieurs individus la possibilité de recevoir un revenu mensuel.

Dans cette optique, une réglementation qui permet de reconnaître et d'intégrer les récupérateurs informels dans la gestion des déchets aura un impact bénéfique sur la qualité de l'environnement et la santé publique de la commune de Libreville, tout en optimisant l'inclusion sociale de ces travailleurs. Il va de soi qu'en réglementant le secteur informel du recyclage, l'État gabonais doit clairement définir les rôles entre les récupérateurs informels, les entreprises privées et la commune de Libreville, afin d'éviter un chevauchement de compétences. De l'autre côté, l'État gabonais se doit d'assurer que les récupérateurs informels aient les connaissances, les compétences et les outils disponibles pour effectuer leurs tâches sans mettre à risque leur propre santé.

5.2 Recommandation à l'attention du ministre chargé de l'environnement

Selon la *Loi n° 007/2014 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement*, le ministre chargé de l'environnement doit « diffuser les connaissances scientifiques adéquates, informer le public et susciter sa participation à la protection de l'environnement ». Dans cette optique, il va de

soi que c'est le Ministère de la Forêt, de l'Environnement et de la Protection des Ressources naturelles qui se charge de la recommandation ci-dessous.

- ◇ **Sensibiliser les acteurs concernés sur les impacts environnementaux et sociaux occasionnés par une mauvaise gestion des déchets et susciter leur participation à la protection de l'environnement**

Le chapitre 1 a démontré que la propreté de la commune de Libreville laisse à désirer. Le manque de connaissance vis-à-vis des impacts environnementaux et sociaux d'une mauvaise gestion des déchets fait partie des raisons qui ont engendré, par exemple, la création spontanée d'une décharge sauvage derrière l'immeuble Beyrouth situé au PK6.

Dans cette optique, il serait souhaitable que le ministre responsable de l'environnement mette en place des campagnes d'ISÉ concernant les impacts environnementaux et sociaux que peut engendrer le comportement des Librevillois. Ces campagnes peuvent se faire à travers des conférences, des formations, des forums, des affiches publicitaires ou encore des articles dans les journaux locaux.

Bien évidemment, la participation des particuliers, des établissements scolaires et des entreprises est requise pour que les campagnes d'ISÉ aient des résultats qui portent fruit. Pour ce faire, le ministre chargé de l'environnement pourrait proposer l'adoption d'une réglementation municipale qui favoriserait le changement de comportement comme l'a fait la municipalité de Teocelo.

5.3 Recommandations à l'attention de la commune de Libreville

La commune de Libreville a son propre rôle à jouer pour optimiser sa gestion des déchets. Aux fins de cet essai, deux recommandations lui sont proposées.

- ◇ **Instaurer le tri sélectif à Libreville en implantant des PAV et des points de regroupement afin d'optimiser la collecte des matières recyclables**

La commune de Libreville ne possède aucun système de tri, que ce soit à domicile ou au sein de son système de collecte. À domicile, les ménages mettent leurs déchets pêle-mêle dans les sacs poubelles et les déposent à un PAV dont les contenants disponibles ne disposent pas de systèmes de tri quelconque.

Dans cette optique, pour augmenter le tri des matières recyclables, il serait intéressant pour la commune de Libreville d'implanter des bornes d'apport volontaire qui permettent de récolter les

matières recyclables comme le papier, le verre, ainsi que les emballages et les contenants en plastique. En parallèle, des points de regroupement peuvent être rajoutés pour les ordures ménagères, les déchets verts ou les encombrants.

Bien évidemment, la commune de Libreville doit s'assurer que les acteurs concernés sachent comment fonctionnent les bornes d'apport volontaire et les points de regroupements de telle sorte que cette démarche soit performante. Pour ce faire, des identifications claires et précises doivent être affichées.

◇ **Augmenter le taux de valorisation des déchets organiques en développant des projets pilotes de compostage domestique ou communautaire**

Les déchets ménagers de la commune de Libreville sont en moyenne composée de 40% des déchets organiques. Ceux-ci se retrouvent malheureusement dans la décharge de Mindoubé, car il y a un manque de gestion et de valorisation de ces résidus chez les ménages Librevillois. Dans cette optique, la capitale gabonaise pourrait mettre en place des projets pilotes de compostage domestique ou communautaire qui permettront aux habitants de valoriser leurs déchets organiques. À Chiang Rai par exemple, le projet Chiang Rai Zero a démontré que le compostage à domicile est possible à partir d'un sa-wian. Une technologie simple et efficace qui peut amener la commune de Libreville à augmenter le taux de valorisation des déchets organiques sur son territoire.

CONCLUSION

En somme, le système de gestion des déchets ménagers à Libreville est très fragile. En effet, il est composé d'une structure gouvernementale dysfonctionnelle, un système de collecte des déchets non adapté au contexte social et une décharge à ciel ouvert saturée qui ne répond plus aux exigences fixées par la *loi n° 007/2014 relative à la Protection et à l'amélioration de l'Environnement* et l'*arrêté municipal n° 001/2000 du 1^{er} février 2000 portant sur le Règlement Sanitaire, d'Hygiène et de Salubrité Publique dans la Commune de Libreville*. Dans ce contexte, l'essai présent avait pour objectif principal d'élaborer des recommandations afin d'optimiser la gestion des déchets ménagers dans la capitale gabonaise. L'atteinte de cet objectif a été réalisée en complétant cinq objectifs spécifiques.

Dans le premier chapitre, il a été question de présenter la zone d'étude en commençant par les contextes de la société gabonaise – géographique, démographique et socioéconomique –, l'histoire et la gestion actuelle des déchets ménagers à Libreville, ainsi que les impacts environnementaux et sociaux que peut engendrer un mauvais système de gestion des déchets. Au travers de ces thèmes, il a été démontré que la gestion des déchets à Libreville s'est développée sans plan d'action précis et fonctionnel. À vrai dire, la faute revient un peu à tout le monde. D'un côté les élites à la présidence ne veulent pas déléguer le pouvoir aux communes dans ce champ d'activités. De l'autre côté, l'urbanisation rapide a poussé la population librevilloise à répartir le territoire de façon clandestine et donner naissance à des lieux d'habitation non accessibles aux entreprises qui offrent le service de ramassage. D'année en année, Libreville a développé des attraits esthétiques qui se caractérisent par des ordures le long des routes, le débordement de conteneurs à déchets et la saturation de son seul mode de traitement de déchet. Malheureusement, la décharge de Mindoubé est très nocive pour l'environnement et peut potentiellement l'être pour la santé publique dans un avenir proche.

En second lieu, des réformes en gestion des déchets vécues dans certains pays en développement ont été présentées. Le second chapitre adresse spécifiquement les pays qui ont un contexte semblable à celui du Gabon, comme le Brésil, le Viêt Nam, la Thaïlande, la Chine et le Mexique. À travers ces pays, il est possible de voir que la gestion des déchets peut être améliorée en mettant en place des actions qui cadrent avec le contexte du territoire, en optimisant la participation des élus gouvernementaux et en ayant une acceptabilité sociale des populations qui y vivent. Autrement, les solutions mises en place ne seraient pas en mesure d'avoir des retombées positives à long terme.

Au chapitre trois, des solutions ont été proposées pour mieux gérer les déchets à Libreville. Cinq thèmes ont été sélectionnés, soit le cadre politique, le moyen incitatif et dissuasif, la précollecte, la collecte, ainsi que les mécanismes de traitements des déchets. Pour chaque thème, deux à quatre

solutions ont été proposées de telle sorte que ça couvre de façon générale la problématique qui est présente à Libreville.

Au chapitre quatre, une analyse multicritère a été réalisée. Celle-ci consistait à évaluer laquelle des solutions proposées pouvait s'appliquer sur le territoire librevillois, en établissant des critères selon quatre dimensions – environnement, social, économique et technique – et en effectuant une pondération allant de 1 à 3. Le résultat de cette analyse a démontré que le PAV, le recyclage pour les récupérateurs informels, le point de regroupement, le compostage et l'ISÉ sont les solutions appropriées au contexte de la commune de Libreville.

Finalement, le chapitre cinq a adressé quatre recommandations aux dirigeants gabonais. La première est de régler l'intégration du secteur informel du recyclage dans la gestion des déchets. La seconde est de sensibiliser les acteurs concernés sur les impacts environnementaux et sociaux occasionnés par une mauvaise gestion des déchets et susciter leur participation à la protection de l'environnement. La troisième est d'instaurer le tri sélectif à Libreville en implantant des PAV et des points de regroupement qui optimisent la collecte des matières recyclables. La quatrième est d'augmenter le taux de valorisation des déchets organiques en développant des projets pilotes de compostage domestique ou communautaire.

Au terme de ces chapitres, les cinq objectifs spécifiques de ce travail ont été atteints, car il a été possible de rassembler l'information disponible actuelle de la gestion des déchets ménagers, de démontrer des réformes en gestion des déchets ménagers vécues dans certains pays en développement, d'énoncer des solutions pour améliorer la gestion des déchets ménagers à Libreville, d'analyser les solutions proposées à partir d'une analyse multicritère et d'élaborer des recommandations aux dirigeants gabonais.

En bref, cet essai adresse au Gabon que la commune de Libreville a un besoin profond d'établir un plan d'action concret, avec des échéanciers réalistes, permettant d'améliorer son système de gestion des déchets. Ceci dans le but ultime de répondre aux besoins de base des générations présentes et futures.

RÉFÉRENCES

- Africa 21. (2017). *L'économie verte au service du développement durable*. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/324025340_La_gestion_des_dechets_solides_en_Afrique_cinquante_ans_apres_les_independances_bilan_et_perspectives_Afrique_durable_2030
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME). (2015). *Le compostage*. Repéré à <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-le-compostage-201511.pdf>
- Ali et al. 2013. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal of King Saud University*, 26, 59-65.
- Amigun B., et Blottnitz H. (2010). Capacity-cost and location-cost analyses for biogas plants in Africa. *Elsevier*, 55, 63-73.
- Banque mondiale. (2014). *Le financement basé sur les résultats pour les déchets solides municipaux*. Repéré à <http://documents1.worldbank.org/curated/en/617991468157179087/pdf/918610v10WP0FM0EEDSOTO0BE0IN0BY0WED.pdf>
- Banque mondiale. (2018). *What a waste 2.0 : A global snapshot of solid waste management to 2050*. Repéré à <https://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Bigoumou Moundounga, G-O. (2011). *Les mobilités des populations à faibles revenus à Libreville : l'exemple des quartiers périphériques* (Thèse de doctorat). Université de Toulouse II – Le Mirail, France.
- Bob Offei, M. et Boachie, J. (2019). Africa's urban waste management and sanitation challenges: are transfert stations the solution? *Environment and Pollution*, 9(1), 1-13.
- Boukika, P. (2020). *Gabon : le gouvernement promet la rétrocession de la gestion des déchets aux collectivités locales*. Repéré à <https://www.gabonmediatime.com/gabon-le-gouvernement-promet-la-retrocession-de-la-gestion-des-dechets-aux-collectivites-locales/>
- Bromblet et Somaroo. (2015). *Les techniques de compostage de déchets d'origine naturelle en Afrique et dans les Caraïbes*. Repéré à <https://www.plateforme-re-sources.org/wp-content/uploads/2015/05/FS-Compostage.pdf>
- Chen, L. et al. (2017). A sustainable biogas model in China: the case study of Beijing Deqingyuan biogas projet. *ScienceDirect*, Volume 78, 773-779.
- De Medina-Salas, L. (2020). A successful case in waste management in developing countries. *Journal of pollution effects & control*, 242 (8), 1-5.
- Dias, S. M. (2011). Recycling in Belo Horizonte, Brazil – An overview of inclusive programming. *WIEGO Policy Brief*, N°23, 1-8.

- Environnement jeunesse. 2019. *Guide pratique : Bye bye, plastique !* Repéré à <https://enjeu.qc.ca/wp-content/uploads/2019/05/Byebyeplastique.pdf>
- Fagerström, A. et al. (2018). *The role of anaerobic digestion and biogas in the circular economy*. Repéré à https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/08/anaerobic-digestion_web_END.pdf
- Ferronato, N. et Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: a review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6). Repéré à <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6466021/>
- Gbinlo, R. (2010). *Organisation et financement de la gestion des déchets ménagers dans les villes de l'Afrique Subsaharienne : le cas de la ville de Cotonou au Bénin*. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00564740/document>
- Gerep-environnement. (2014). *Étude de faisabilité de la nouvelle installation de gestion des déchets solides de Libreville, Gabon*. (Document interne)
- Ghesla, P. L. et al. (2018). Municipal solid waste management from the experience of São Leopoldo, Brazil and Zurich, Switzerland. *Sustainability*, 3716 (10), 1-14.
- Green Climate Fund. (2018). *Programme pays: Cadre de planification des investissements climatique au Gabon*. Repéré à <https://www.greenclimate.fund/sites/default/files/document/gabon-country-programme.pdf>
- Google. (2014). PIB par habitant (en dollars américains courants). Repéré à https://www.google.com/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=ny_gdp_pcap_cd&idim=country:GAB:GHA&hl=fr&dl=fr#!ctype=l&strail=false&bcs=d&nselm=h&met_y=ny_gdp_pcap_cd&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=world&idim=country:GAB&ifdim=world&hl=fr&dl=fr&ind=false
- Hoornweg, D. et al. (1999). *Composting and its applicability in developing countries*. Repéré à <http://gardentower2.ca/wp-content/uploads/2016/12/Composting-and-its-Applicability-in-Developing-Countries.pdf>
- International Fund for Agricultural Development (IFAD). (2012). *Flexi Biogas systems: inexpensive, renewable energy for developing countries*. Repéré à <https://www.ifad.org/documents/38714170/39148759/biogas.pdf/cb66f4be-7537-44c6-a599-bea43d304f7b>
- International Solid Waste Association (ISWA). (2015). *Wasted health: the tragic case of dumpsites*. Repéré à https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Task_Forces/THE_TRAGIC_CASE_OF_DUMPSITES.pdf
- Kassa, L. (2020). *La décharge de Mindoubé : une situation inquiétante*. Repéré à <http://www.gabonews.com/fr/actus/environnement/article/la-decharge-de-mindoube-une-situation-inquietante>

- Kigozi R. et al. (2014). Biogas production using the organic fraction of municipal solid waste as feedstock. *International journal of research in chemical, metallurgical and civil engg.* 2349(1), 1442-1450.
- Koledzi, E, et al. (2014). *Gestion des déchets dans les villes en développement : transfert, adaptation de schéma et sources de financement*. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/273950117_Gestion_des_dechets_dans_les_villes_en_developpement_transfert_adaptation_de_schema_et_sources_de_financement
- Lacour, J. (2012). *Valorisation de résidus agricoles et autres déchets organiques par digestion anaérobie en Haïti*. Repéré à <http://synthese.larim.polymtl.ca:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/216/These%20de%20doctorat%20de%20Joaneson%20LACOUR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Levesque-Kombila, A. 2017. *Perceptions de l'environnement et des pratiques de gestion des déchets : une recherche-action pour la construction des perceptions « pro-environnementales » chez les élèves librevillois(es)* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec.
- Loukil, F. et Rouached, L. (2018). Renforcement des capacités de collecte et de tri des déchets dans les villes africaines. *La revue de l'Afrique des idées*, 2018(2), 3-21.
- Manomaivibool, P. et al. (2018). Chiang Rai zero waste: participatory action research to promote source separation in rural areas. *Elsevier*, 136, 142-152.uva
- Mboumba, A. (2007). Gestion urbaine et équité socio-spatiale : les inégalités dans les services de base à Libreville (Gabon). *L'espace géographique*, 36(2), 131-140.
- Mboumba, A. (2011). La difficile mutation du modèle de gouvernement des villes au Gabon : analyse à partir de la gestion des déchets à Libreville. *Analyse de géographie*, 678(2), 157-173.
- Mboumba, A. (2013). La difficile mutation du gouvernement urbain au Gabon : jeux d'acteurs dans la gestion des déchets à Libreville. *Les cahiers d'Outre-Mer*, 261, 60-84.
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2019). *Plan national de gestion des déchets*. Repéré à https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Plan%20national%20des%20dechets_octobre%202019.pdf
- Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques. (2019). Politique québécoise de gestion des matières : Plan d'action 2019-2024. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/plan-action-2019-2024-pqgmr.pdf>
- Ministère du Développement, de la Performance publique, de la Prospective et de la Statistique. (2009). *Annuaire statistique du Gabon*. Repéré à <https://fdocuments.fr/document/annuaire-statistique-du-gabon-direction-statcompteannuaire-republique.html>

- Moughola Leyoubou, L. (2020). *L'étalement urbain de la ville de Libreville, enjeux socio-économiques entre 1993 et 2013 : l'exemple de la périphérie Est* (Mémoire de maîtrise). Université de Laval, Québec, Québec.
- Mvele-n'dango'o, P.-C. (2007). La gestion des déchets ménagers à Libreville et Abidjan. *Persée*, 40-41, 226-241.
- Naquin, P. et Ngnikam, E. (2012). *Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement : modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes*. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/332570289_Compostage_des_dechets_menagers_dans_les_pays_en_developpement_-_Modalites_de_mise_en_place_et_de_suivi_dinstallations_decentralisees_perennes
- Ngahane, E. et al. (2018). *Axes stratégiques pour la pérennisation d'unités de compostage en Afrique : cas de Bouaké en Côte-d'Ivoire*. Repéré à http://odel.irevues.inist.fr/dechets-sciences-techniques/docannexe/file/3752/dst_2018_76_03_ngahane.pdf
- Ngnikam, E. et Tanawa, E. (2006). *Les villes d'Afrique face à leurs déchets*. Repéré à https://www.utbm.fr/wp-content/uploads/2015/04/LivreNum32_LesVillesDafricueFaceAleursDechets.pdf
- Nguema, R.-M. (2005). Développement de la ville, découpage et appropriation des territoires urbains au Gabon : le cas de Libreville. *Belgeo*, 4, 481-498. Repéré à <https://journals.openedition.org/belgeo/12167>
- Olivier, M. (2016). *Matières résiduelles et 3RV-E*, (mises à jour janvier 2016), Lab Éditions, Saint-Robert, 404 p.
- Olivier, M. (2020). *Chimie de l'environnement – Hydro – Atmo – Litho - Techno*, 3^e éd., Lab Éditions, Saint-Robert, 454 p.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA). (2005). *Profil de Pays : Gabon*. Repéré à <http://www.fao.org/3/ca0187fr/CA0187FR.pdf>
- Oyikoba, I. J. (2014). *Effects of landfill sites on groundwater quality in Igando, Alimosho local government area, Lagos state* (Mémoire de maîtrise). University of South Africa, South Africa.
- Péquin, M. (2014). *Augmenter le taux de récupération des matières résiduelles à l'Aéroport Montréal-Trudeau* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke
- Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). (s.d). À propos du Gabon. Repéré à <https://www.ga.undp.org/content/gabon/fr/home/countryinfo.html>
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). (2013). *Directive pour établir des stratégies nationales de gestion des déchets*. Repéré à https://cwm.unitar.org/www2-publications/files/publications/cw/wm/UNEP_UNITAR_NWMS_French.pdf

- Quintus, F. (2007). *Les enjeux de l'enfouissement des déchets : quelle place aux perceptions des risques dans la procédure québécoise d'évaluation environnementale ?* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec.
- Rajaratne, W. et Kumara O. (2014). *Feasibility of biogas generation from municipal solid waste and sewerage within the Colombo city limits*. Repéré à <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:732531/FULLTEXT01.pdf>
- Sharp, A. et al. (2018). *Integrated solid waste management system leading to zero waste for sustainable resource utilization in rapid urbanized areas in developing countries*. Repéré à <https://www.apn-gcr.org/resources/files/original/0f674ef40d27f3dfa34472398174d7d0.pdf>
- Syndicat mixte d'élimination des déchets (SMED). (2020). Déchèterie de Cannes. Repéré à <https://www.smed06.fr/cannes/>
- Thonart, P. et al. (2005). *Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du sud*. Repéré à https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ifdd_guide_pratique_sur_la_gestion_des_dechets_menagers_et_des_sites_d_enfouissement_technique_dans_les_pays_du_sud_2005.pdf
- United Nations. (2004). *Carte du Gabon*. Repéré à <https://www.un.org/Depts/Cartographic/map/profile/gabon.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (2002). *Waste transfer stations: A manual for decision-making*. Repéré à <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/r02002.pdf>
- Vazquez, G. G. (2003). ITG project case study – Teocelo's program, Mexico: building citizen engagement through technology. Repéré à <https://www.innovations.harvard.edu/itg-project-case-study-teocelos-program-mexico-building-citizen-engagement-through-technology>
- Vögel Y et al. (2014). *Anaerobic digestion of biowaste in developing countries: practical information and case studies*. Repéré à https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/Anaerobic_Digestion/biowaste.pdf
- Wallez, L. (2010). *Inondations dans les villes d'Afrique de l'Ouest : Diagnostic et éléments de renforcement des capacités d'adaptation dans le grand Cotonou* (Mémoire de maîtrise). Université de Sherbrooke, Université de technologie de Troyes, Abomey-Calavi, Bénin.
- Wong, L. (2018). *Optimisation de la gestion des déchets en Polynésie Française* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke.

- World Biogas Association. (2019). *Global Potential of Biogas*. Repéré à https://www.worldbiogasassociation.org/wp-content/uploads/2019/09/WBA-globalreport-56ppa4_digital-Sept-2019.pdf
- World Wildlife Fund (WWF). (2019). *Pollution plastique : à qui la faute ?* Repéré à https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2019-03/20190305_Rapport_Pollution-plastique_a_qui_la_faute_WWF.pdf
- Zheng, L. et al. (2020). What could China give to and take from other countries in term of development of biogas industry? *Sustainability*, 1490 (17), 1-21.
- Zaouaq, M. et Zaouaq, K. *Le droit et les politiques applicables à la gestion des déchets plastiques au Maroc*. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/334495416_Le_droit_et_les_politiques_applicables_a_la_gestion_des_dechets_plastiques_au_Maroc_Journal_du_droit_de_l'environnement_et_du_developpement_LEAD_Journal_Vol_152_2019_pp_141-153_Disponible_en_ligne_sur
- Zuzhang, X. (2013). *Domestic biogas in a changing China: can biogas still meet the energy needs of China's rural households?* Repéré à https://www.researchgate.net/publication/277924253_Domestic_Biogas_in_a_Changing_China_Can_biogas_still_meet_the_energy_needs_of_China's_rural_households